ISMS
International Symposium on Academic Studies in Science, Engineering and Architecture Studies

6TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ACADEMIC STUDIES IN SCIENCE, ENGINEERING AND ARCHITECTURE SCIENCES

June 13-15, 2019, Ankara, Turkey

PROCEEDING BOOK

VI. ULUSLARARASI FEN, MÜHENDISLIK VE MIMARLIK BILIMLERINDE AKADEMIK ÇALIŞMALAR SEMPOZYUMU

13-15 Haziran 2019, Ankara, Türkiye

TAM METİN BİLDİRİ KİTABI

EDİTORS / EDİTÖRLER

PROF. DR. RIDVAN KARAPINAR

ASSOC. PROF. DR. TANJA SOLDATOVIC

asos YAYINLARI

6th International Symposium on Academic Studies in Science, Engineering and Architecture Sciences June 13-15, 2019, Ankara, Turkey

PROCEEDING BOOK

VI. Uluslararası Fen, Mühendislik ve Mimarlık Bilimlerinde Akademik Çalışmalar Sempozyumu 13-15 Haziran, 2019, Ankara, Türkiye

TAM METİN KİTABI

ISBN: 978-605-7602—77-0

Publishing Director / Yayın Yönetmeni: Muhammet Özcan

Editor / Editör: Prof. Dr. Rıdvan KARAPINAR
Assoc. Prof. Tanja SOLDATOVIC

Cover Design / Kapak Tasarımı: Abidin TEMİZER

ASOS YAYINEVİ

1st Edition / 1.baskı: August/Ağustos 2019

Address / Adres: Çaydaçıra Mah. Hacı Ömer Bilginoğlu Cad. No: 67/2-4/MERKEZ/ELAZIĞ

Mail: asos@asosyayinlari.com

Web: www.asosyayinlari.com

İnstagram: https://www.instagram.com/asosyayinevi/

Facebook: https://www.facebook.com/asosyayinevi/

Twitter: https://twitter.com/Asosyayinevi

Contents / İçindekiler

Contents / İçindekiler 1

BOARDS / KURULLAR 7

SCIEENCE AND MATHEMATICS SCIENCES / FEN VE MATEMATİK BİLİMLERİ 9

THE CROP MORPHOLOGY AND HISTOLOGY OF *ISOPHYA NERVOSA* RAMME 1931 (ORTHOPTERA: TETTIGONIIDAE) 10

EPİGENETİK 20

AĞIR TİCARİ ÇEKİCİ ARAÇLARIN VİRAJ DENGE ÇUBUĞUNUN YAPISAL TASARIMI VE TESTLERİ 32

MgF 2 FİLMLERİN ÖZELLİKLERİ VE UYGULAMA ALANLARI 44

ORDER PARAMETER OF DOPED NEMATIC LIQUID CRYSTALS 50

EVALUATING THE PERFORMANCE OF STATE UNIVERSITIES IN TURKEY WITH A TWO-STAGE DEA 53

ARCHITECTURE / MİMARLIK 62

SÜRDÜRÜLEBİLİR KIRSAL TURİZMİN ÇEVRE VE TOPLUM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: BİLECİK-TÜRKİYE ÖRNEĞİ 63

GELENEKSEL EL SANATLARINDAN SERAMİK ÜRETİMİNİN KIRSAL TURİZM ÜZERİNDE ETKİLERİ; KINIK KÖYÜ, BİLECİK ÖRNEĞİ 79

MEVCUT YAPILARIN İYİLEŞTİRİLMESİNDE AHŞAP MODÜLER / PREFABRİK ELEMANLARIN KULLANILABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR İNCELEME 91

BOŞLUĞUN STRÜKTÜRÜ: HİLBERT KÜP ve MENGER KÜP ÖRNEKLERİ ÜZERİNDEN FRAKTAL ANALİZİ 100

BOŞLUĞUN STRÜKTÜRE EDİLMESİNDE KULLANILABİLECEK BİYOMİMETİK BİR YAKLAŞIM: KUŞ YUVASI 115

İZMİR KENTİNDE, BİSİKLETİN ULAŞIM AMAÇLI KULLANIM POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 128

BİÇİM GRAMERİ İLE KENT STRÜKTÜRÜ ÜZERİNE DENEMELER ... 142

BİYOMİMESİSİN AYÇİÇEĞİ BİTKİSİ ÖRNEĞİ İLE KÜPE STRÜKTÜRE EDİLMESİ 157

YAPI KABUĞUNDA KARŞILAŞILAN YANGIN RİSKLERİNİN ÖRNEK YANGINLAR ÜZERİNDEN İNCELENMESİ 170

ANKARA GAR YERLEŞKESİ'NİN BİR PARÇASI OLARAK "ANKARA OTELİ" VE DEĞER TEMELLİ KORUNMASI 186

KENTSEL BÜYÜMENİN ETKİSİYLE GELENEKSEL YERLEŞİMLERDE YAŞANAN SORUNLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA İRDELENMESİ 199

GELENEKSEL YERLEŞİM ALANLARININ YAKIN ÇEVRELERİ VE İÇİNDE YER ALDIKLARI KENTLERE ETKİLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA İNCELENMESİ 212

CBS YARDIMIYLA MEZARLIK ALANLARI İÇİN UYGUN YER SEÇİMİ: KONURALP YAKIN ÇEVRESİ ÖRNEĞİ (DÜZCE) 223

KASTAMONU KENT MERKEZİ ÖRNEĞİ BAĞLAMINDA PARKLARIN MEKANSAL ERİŞİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME 238

ENGINEERING SCIENCES / MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ 247

TEXT CLASSIFICATION USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES FOR CITIZENS' COMMUNICATION 248

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİKTE ALIŞVERİŞ UYGULAMASI ÖRNEĞİ: SHOPPING AR 256

AUGMENTED REALITY SHOPPING APPLICATION EXAMPLE: SHOPPING AR 256

INFORMATION SECURITY IN SMART CITIES 271

AĞ VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİNDE ÇAPRAZ ETKİNLİK YAKLAŞIMI..... 277

SINIFLANDIRMA VE METİN MADENCİLİĞİ KULLANILARAK FİLM ÖNERİ SİSTEMİ 289

PERFORMING AND COMPARING PERFORMANCE TESTS FOR A MOBILE APPLICATION WITH A BROAD USER BASE 300

SUSPECTED ACTIVITY DETECTION USING BIG DATA ANALYTICS308

NESNELERİN İNTERNETİ (İOT)'NİN SAĞLIK ALANINDAKİ MEVCUT KULLANIM ALANLARI VE ÇEŞİTLİ UYGULAMALARI..... 321

THE FUTURE EFFECTS OF VIRTUAL REALITY GAMES..... 336

ANDROİD ZARARLI YAZILIM TESPİT VE KORUNMA ÇALIŞMALARI 345

TİTANYUM ALAŞIMI DİSTAL FEMUR PLAK HASAR ANALİZİ 359

ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP) YAKLAŞIMI İLE İŞ GÜVENLİĞİ VE İŞÇİ SAĞLIĞI UZMANI SEÇİMİ 369

BALIK ATIKSULARININ AKUAPONİK TEKNİĞİ İLE ARITILMASINDA BALIK VE BİTKİ BÜYÜMESİNİN İNCELENMESİ 385

MÜZİK SİNYALLERİNDEN ELDE EDİLEN VERİLERLE MÜZİKTEKİ DUYGUYU TAHMİN EDEN YAPAY SİNİR AĞINI EĞİTMEK 398

A THEORETICAL FRAMEWORK FOR THE PERFORMANCE OF SISO SYSTEMS OVER κ-μ SHADOWED ENVIRONMENTS..... 408

ELEKTRİK İÇ TESİSLERİNDE 8 KANALLI RÖLE KONTROL KARTI İLE AKILLI SİSTEM TASARIMI 417

DÜŞÜK GÜÇ VE UZUN MESAFE SAYAÇ VERİSİ İLETİMİ..... 424

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN ARAÇ İÇ ÜNİTELERİNİN HABERLEŞME PROTOTİPİNİN GELİŞTİRİLMESİ..... 438

KATI ATIK MALZEMELERİN YOL TEMEL İNŞAATINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI..... 458

7/24 ÇALIŞAN PROSESE TOPLAM VERİMLİ BAKIM UYGULAMA ÇALIŞMASI..... 472

ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNİN ELEKTRİK DAĞITIM SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI..... 486

ELEKTRONİK BELGE YÖNETİM SİSTEMİ KULLANIMINDA ETKİLİ OLAN FAKTÖRLERİNTEKNOLOJİ KABUL MODELİ İLE İNCELENMESİ 493

ÖRNEK BİR MDF İŞLETMESİNDE KALİTE ÇEMBERLERİ UYGULAMALARININ İNCELENMESİ..... 508

EL VE BILEK RAHATSIZLIKLARINDA KULLANIMA UYGUN SANAL GERÇEKLIK DESTEKLI FIZIK TEDAVI CIHAZI..... 514

TELEKOMÜNİKASYON VERİLERİNDE HADOOP VE SPARK TEKNOLOJİLERİ İLE ÖZELLİK SEÇİMİ UYGULAMASI 526

MESLEK YÜKSEKOKULLARINDAKİ ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI TEKNOLOJİSİ PROGRAMLARINA GENEL BİR BAKIŞ 531

AISI 430 PASLANMAZ ÇELİĞİNİN ELEKTRO EROZYON YÖNTEMİ İLE İŞLENEBİLİRLİĞİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESi 540

PROFİL TORNALAMA İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN OPTİMİZASYONU VE MODELLENMESİ 548

BİR YAPIM FİRMASINA ANALİTİK AĞ PROSESİ (ANP) İLE PLANLAMA MÜHENDİSİ SEÇİMİ 561

UÇUCU KÜL İLE ÜRETİLEN PVA LİF TAKVİYELİ GEOPOLİMER HARÇLARIN YÜKSEK SICAKLIK ETKİSİNDEKİ MEKANİK ÖZELLİKLERİ 571

BOR ATIĞININ POMZA AGREGASI KULLANILARAK ÜRETİLEN HAFİF BETONUN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ..... 582

BİTÜM ASFALTIN KAUÇUK KATKI MALZEMESİ İLE MODİFİYE EDİLMESİ ÜZERİNE DENEYSEL ARAŞTIRMA 593

BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM ASFALTTA FİLLER OLARAK KİRECİN KULLANIMI 611

BORİK ASİTİN ÇİMENTO HAMURUNUN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI 626

BORİK ASİTİN POMZA VE PERLİT AGREGASI KULLANILARAK ÜRETİLEN HAFİF BETONUN MEKANİK KARAKTERİSTİĞİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI..... 639

TÜRKİYE'DE İNŞAAT SEKTÖRÜNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN YÜKSEKTE ÇALIŞMA 652

TÜRKİYEDE YAPI MALİYETİ TAHMİNİNDE BİRİM FİYAT YÖNTEMİ – YAPI YAKLAŞIK MALİYETLERİ KIYASLAMASI 664

GENLEŞTİRİLMİŞ VERMİKÜLİT KULLANILARAK ÜRETİLEN HAFİF HARÇLARIN YÜKSEK SICAKLIK ETKİSİNDEKİ ÖZELLİKLERİ 675

DİFERANSİYEL EVRİM ALGORİTMASI İLE RAYLEIGH DAĞILIMININ PARAMETRELERİNİN TAHMİN EDİLMESİ: BİR SİMÜLASYON ÇALIŞMASI..... 686

MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİ İLE PARKİNSON HASTALIĞININ TEŞHİS EDİLMESİ .....dcxci

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA YÖRÜNGE PLANLAMA YÖNTEMLERİ 705

NALYSIS WITH TAGUCHI METHOD Of EFFECT Of CUTTING PARAMETERS On SURFACE ROUGHNESS AND CUTTING FORCE ... 714

Mg-3Al-xZn ALAŞIMLARININ YAPAY VÜCUT SIVISI İÇERİSİNDE MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE KOROZYON DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ 724

AN INVESTIGATION ON MECHANICAL PROPERTIES AND CORROSION BEHAVIOR OF Mg-3Al-xZn ALLOYS IN SIMULATED BODY FLUID 724

FARKLI ÖZ MALZEMELERİ İLE OLUŞTURULMUŞ SANDVİÇ KOMPOZİT ÇUBUKLARIN EĞİLME DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ 738

ANNULAR YANMA ODASINDA ANNULUS AKIŞININ YANMA PERFORMANSINA ETKİSİ 750

CONTROL OF A TRIPTERON ROBOT BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS 761

ÇAPRAZ-KESİK KÖPÜK İÇEREN DENİZEL SANDVİÇ KOMPOZİTLERİN EĞİLME DAVRANIŞLARININ SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ 773

ANKARA-KIZILCAHAMAM TARİHİ KAYA OYMA YAPILARININ FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMAS 791

FLOW AND HEAT TRANSFER FROM TWO TANDEM SQUARE CYLINDERS IN A UNIFORM FLOW FIELD 802

A NUMERICAL INVESTIGATION OF A CEILING TYPE RADIANT PANEL HEATER 823

FONKSİYONEL OLARAK DERECELENDİRİLMİŞ Al_2O_3 /AA5083 ve AA5083 KÖPÜK YAPIDAN OLUŞAN MALZEMELERİN DEĞİŞEN KADEME KALINLIKLARINA GÖRE MİKRO YAPISAL KARAKTERİZASYONU 837

AGRUCULTURAL SCIENCES / ZİRAAT BİLİMLERİ 853

TARIM AÇISINDAN BİTKİ PARAZİTİ NEMATOD (NEMATODA)'LARIN ÖNEMİ 854

YUKARI SEYHAN HAVZASI'NDA PEYZAJ KARAKTER TİPLERİ 881

POSTER PRESENTATIONS / POSTER SUNUMLAR 893

ZnO FİLMLERİNİN ÖZELLİKLERİ VE UYGULAMA ALANLARI 894

YAPIŞMAZ MALZEMELERDE KULLANILAN DOLGU MALZEMELERİNİN YÜZEY ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ 899

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TALEP TAHMİNİ VE AYAKKABI SEKTÖRÜNE UYGULAMASI 911

FARKLI SEVİYELERDE BORLAMA YAPILMIŞ 11SMnPb30+C ALAŞIMININ ENAC-47000 ALAŞIMLI SIVI ALUMİNYUM İÇİNDE KOROZYON DAVRANIŞININ İNCELENMESİ 921

BOARDS / KURULLAR

CO-PRESIDENT OF ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. Rıdvan KARAPINAR, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Tanja SOLDATOVIĆ, Novi Pazar State :University, Serbia

ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. Basam M. ALZOUBI, Al-Balqa Applied University, Jordan
Prof. Dr. Serdar SALMAN, Milli Savunma University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Funda IRMAK YILMAZ, Ordu University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Tuncay YILMAZ, Manisa Celal Bayar University, Turkey

REFEREE AN SCIENCE COMMITTEE

Prof. Dr. Aleksandr KADIJEVIC, Belgrade University, Serbia
Prof. Dr. Basam M. ALZOUBI, Al-Balqa Applied University, Jordan
Prof. Dr. Galia MARINOVA, Sofia Technical University, Bulgaria
Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL, Bartın University, Turkey
Prof. Dr. Harun AKKUŞ, Van Yüzüncü Yıl University, Turkey
Prof. Dr. Murat ÖZYAVUZ, Namık Kemal University, Turkey
Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Turkey
Prof. Dr. Rıdvan DURAK, Atatürk University, Turkey
Prof. Dr. Rıdvan KARAPINAR, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Turkey
Prof. Dr. Serdar SALMAN, Milli Savunma University, Turkey
Prof. Dr. Şemsi YAZICI, Ege University, Turkey
Prof. Dr. Zana C. DOLICANIN, Novi Pazar State University, Serbia
Assoc. Prof. Dr. Bekir GÜRBULAK, Atatürk University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Duygu KAVAK, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Füruzan ÇELİK ASLAN, Kırklareli University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Lütfi YOLA, İskenderun Technical University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. R. Bahar ÜSTE, Dokuz Eylül University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Suat ÇABUK, Namık Kemal University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Tanja SOLDATOVIĆ, Novi Pazar state University, Serbia
Assoc. Prof. Dr. Timur KAPROL, Namık Kemal University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Ali MÜLAYİM, Kırklareli University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Aysun TUNA, İnönü University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Borko MILADINOVIC, Montenegro University, Montenegro
Asst. Prof. Dr. Funda IRMAK YILMAZ, Ordu University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Gülcan MİNSOLMAZ, Kırklareli University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Kemal KÖSEOĞLU, Ege University, Turkey

Asst. Prof. Dr. Mehmet Ali KANDEMİR, Balıkesir University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Slobodan ŽIVALJEVIC, Montenegro University, Montenegro
Asst. Prof. Dr. Soner YELER, Kırklareli University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Tuncay YILMAZ, Manisa Celal Bayar University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Tülay GÜRSOY, Van Yüzüncü Yıl University, Turkey
Dr. Hind I. Al-Khazraji, Baghdat Üniversitesi, Iraq
Dr. Zalifa SUKURCIYEVA, Crimean Engineering and Pedagogical University, Russia

SCIEENCE AND MATHEMATICS SCIENCES / FEN VE MATEMATİK BİLİMLERİ

THE CROP MORPHOLOGY AND HISTOLOGY OF *ISOPHYA NERVOSA* RAMME 1931 (ORTHOPTERA: TETTIGONIIDAE)

Damla Amutkan Mutlu[1,*]
Gazi University, Faculty of Science, Department of Biology, Ankara, Turkey
E-mail: [1,]damlamutkan@gazi.edu.tr*
Zekiye Suludere[2]
Gazi University, Faculty of Science, Department of Biology, Ankara, Turkey
E-mail: [2]zekiyes@gazi.edu.tr

Özet: *Isophya nervosa* Ramme 1931 Orthoptera takımına ait olan ve Ankara, Eskişehir, Nevşehir çevrelerinde yayılış gösteren bir türdür. *I. nervosa* ile ilgili sistematik ve taksonomik birçok çalışma olmasına rağmen, *I. nervosa*'nın sindirim kanalının bir parçası olan kursağın morfolojisi ve histolojisi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu amaçla, türün kursak morfolojisi ve histolojisi, ışık mikroskobu ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak detaylı olarak çalışılmıştır. *I. nervosa*'nın ergin bireyleri Mayıs-Ağustos 2018 tarihleri arasında Kızılcahamam, Ankara civarındaki tarım alanlarından toplanmıştır. Ön bağırsaklar stereomikroskop altında disekte edilmiş ve fotoğrafları çekilmiştir. Işık mikroskobu çalışmaları için kursak örnekleri ön bağırsaktan ayrılmış ve Formaldehit içerisinde tespit edilmiştir. %5 gluteraldehit içerisinde tespit edilen örnekler ise SEM çalışmaları için hazırlanmıştır. *I. nervosa*'da kursak, sindirim kanalının ilk bölgesi olan ön bağırsağın bir parçasıdır. Sindirim kanalının diğer bölgelerine göre daha şişkin bir yapıya sahiptir. En dıştan yoğun bir kas tabakası ile çevrilidir. Epitel hücreleri tek tabakalı bir dizilim göstermektedir. Epitel tabakasının üzerinde dişli kütikülar tabaka vardır. Yapılan bu çalışmayla, *I. nervosa*'nın kursak yapısı Orthoptera takımdaki diğer türlerle ve farklı takımlardaki türlerle karşılaştırılarak benzerlik ve farklılıklar ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Kursak, morfoloji, histoloji, elektron mikroskobu, ışık mikroskobu

Abstract: *Isophya nervosa* Ramme 1931 is a species which belongs to the Orthoptera order and is located around Ankara, Eskişehir and Nevşehir. Although there are many systematic and taxonomic studies on *I. nervosa*, there is no study on the morphology and histology of the crop, which is a part of the digestive tract of *I. nervosa*. For this purpose, the crop morphology and histology of this species were studied in detail by using light microscope and scanning electron microscope (SEM). Adult individuals of *I. nervosa* were collected from cultivated area in Kızılcahamam, Ankara Province, Turkey from May to August 2018. The foreguts were dissected out under the stereomicroscope and the photographs were taken. For light microscope examinations, the crop specimens were taken apart from foregut and were fixed in Formaldehyde. Specimens which are fixed in 5% glutaraldehyde, were prepared for SEM studies. In *I. nervosa*, the crop is part of the foregut which is the first region of the digestive tract. It has a more swollen structure than the other parts of the digestive tract. It is surrounded by an intense muscle layer in outer surface. Epithelial cells have a monolayer array. There is a toothed cuticular layer above the epithelial layer. In this study, the crop structure of the *I. nervosa* was compared with the other species in the Orthoptera order and the species in the different order and similarities and differences were revealed.

Keywords: Crop, morphology, histology, electron microscope, light microscope

Introduction

Insects are an important group due to their high species diversity, their prevalence in all areas and their duties in the functioning of natural ecosystems. Nowadays, there are many studies on insects. These studies provide important

data especially about reproductive biology, systematic, morphology and function (Rosenberg et al., 1986; Vitale et al., 2011, 2015; Pappalardo et al., 2016). These important data which show the connections in the digestive system of the species and the nutrients, are also of great importance (Biagio et al., 2009; Rocha et al., 2010; Xie et al., 2011; Zhang et al., 2012).

There are basic anatomical and morphological differences in alimentary canal between insect orders, but the cuticular structure of the foregut in the Orthopteran is an indicator of ecological adaptations. (Muralirangan and Ananthakrishnan, 1974). Grasshoppers need herbal products for feeding. The plant cell wall must be fragmented to obtain the cell content. For this purpose, mechanical digestion of nutrients occurs before the chemical digestion (Hochuli et al., 1993, 1994; Li and Zheng, 2007; de Sousa et al., 2013).

In insect orders, the alimentary canal is divided into three main parts: the foregut, the midgut and the hindgut (Santos and Serrão, 2006; Biagio et al., 2009; Chapman, 2013; Polat, 2016). In the insects of the Orthoptera order, the foregut has a tubular structure located in the anterior part of the midgut. The foregut is composed of the pharynx, the esophagus, the crop and the proventriculus. The foregut is a region that performs an important part of digestion, although it does not secrete enzymes and does not absorb nutrients. The storage of nutrients occurs in the foregut of the digestive system which has many functions. The special function of the foregut is to allow the mechanical digestion of nutrients and to regulate the movement of the intestine throughout the gut. It is also responsible for pre-digestion and absorption (Hochuli et al., 1992, 1994; Li and Zheng, 2007; de Sousa et al., 2013).

Various studies have been carried out to determine the structure of the digestive system in different insect groups (Ulubeli, 2005; Turanlı et al., 2006; Wanderley-Teixiera et al., 2006; Rost-Roszkowska, 2008; Biagio et al., 2009; Rocha et al., 2010; Xie et al., 2011; Çakıcı and Ergen, 2012a; Zhang et al., 2012; Amutkan et al., 2015; Polat, 2016). The note that these studies are mostly related to the hindgut and the ventriculus also known as the midgut. There are not enough studies on the foregut. Therefore, we aimed to examine the micromorphology and the structure of the crop which is a part of the foregut of *Isophya nervosa* and has not been studied previously in the current literature. Increasing the knowledge of the digestive system will undoubtedly contribute to existing information.

Material and Methods

Preparation of Samples for Light Microscopy (LM)

Adult individuals of *Isophya nervosa* were collected in Kızılcahamam, Ankara Province, Turkey from May to August 2018. Individuals of *I. nervosa* were dissected in sodium phosphate buffer under Olympus SZ40 stereomicroscope. Then the photos of the dissected regions were taken using Olympus SZX7 stereomicroscope. Alimentary canals were fixed in Formaldehyde. After washing and the dehydration process, samples were embedded in paraffin. 5-7 micron thick sections were taken from paraffin blocks using Microm HM 310 microtome. Thereafter, sections were stained with

Mallory's trichrome stain. The specimens were examined using Olympus BX51 light microscope and were photographed with Olympus E330 camera.

Preparation of Samples for Scanning Electron Microscopy (SEM)

Some of the crop tissues obtained from adult individuals of *I. nervosa* were prepared for scanning electron microscope studies. Dissected samples were fixed in 5% Glutaraldehyde (pH 7.2, phosphate-buffered). The samples were rinsed three times with phosphate buffer. Then dehydration stage was completed in ascending series of ethyl alcohol. Thereafter, the samples were dried with CO_2 with critical point drying apparatus (Polaron CPD 7501 Critical Point Dryer). The specimens (as whole or broken) were mounted with double sided adhesive band on the stubs and coated with gold in a Polaron SC 502 sputter coater. Examinations of the samples were conducted with a JEOL JSM 6060 LV SEM at an accelerating voltage of 5-10 kV and photos were taken at different magnifications.

Results

In *Isophya nervosa*, the crop has an enlarged sac-shaped structure because the nutrients coming from the esophagus are stored here before going to the proventriculus. While the anterior region closer to the esophagus is narrower, the posterior region facing the proventriculus is quite wide (Fig. 1). While the outer surface is quite muscular (Fig. 2), it has cuticular teeth on the inner surface (Fig. 3). There are cone-shaped teeth with wide bottom and pointed top (Fig. 3). Nutrients and rod-shaped bacteria were found in the lumen (Fig. 4). It is seen that the epithelial tissue and the cuticular layer are wavy in the light microscope photographs of the crop sections (Figs. 5, 6). The epithelial tissue under the cuticular layer, consists of monolayer cuboidal cells (Fig. 6).

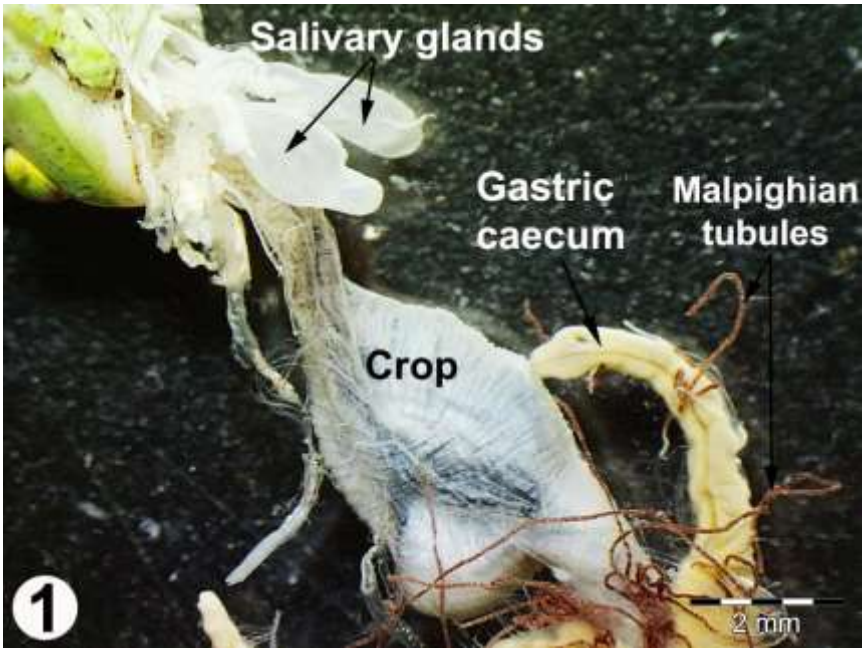


Fig. 1. The general view of the enlarged sac-shaped crop, Stereomicroscope.

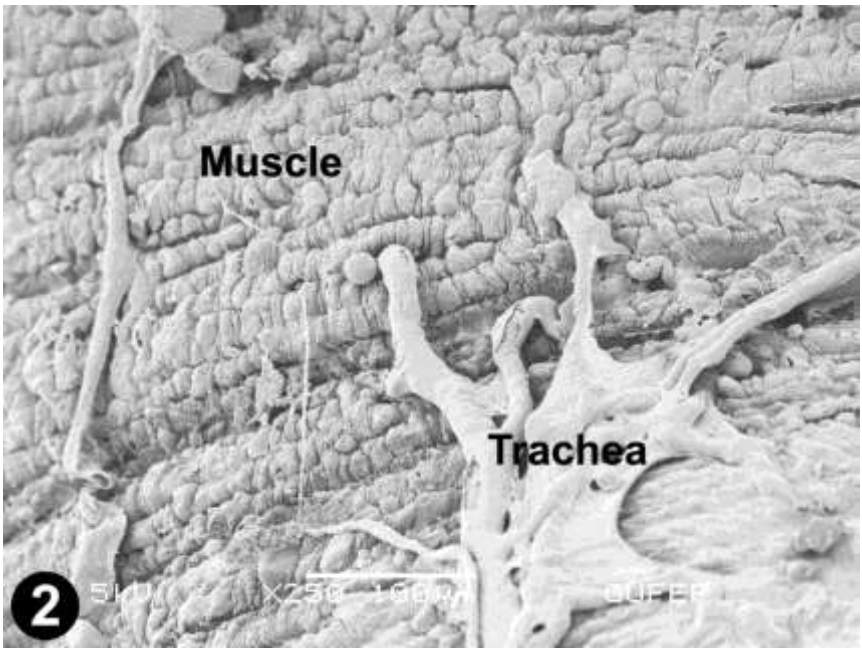


Fig. 2. The SEM photograph of the outer surface of the crop.

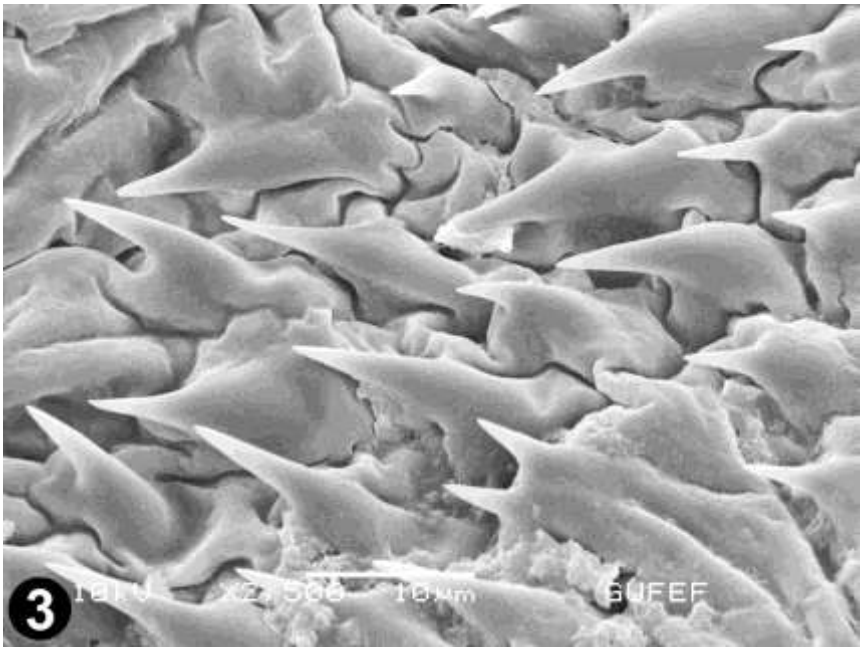


Fig. 3. The SEM photograph of cuticular teeth on the inner surface of the crop.

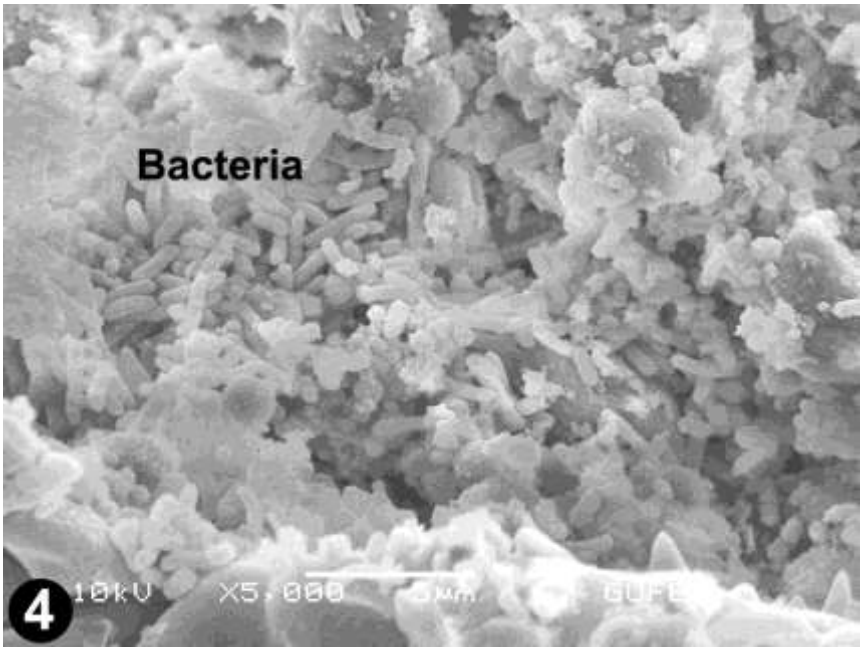


Fig. 4. The SEM photograph of nutrients and rod-shaped bacteria in the crop lumen.

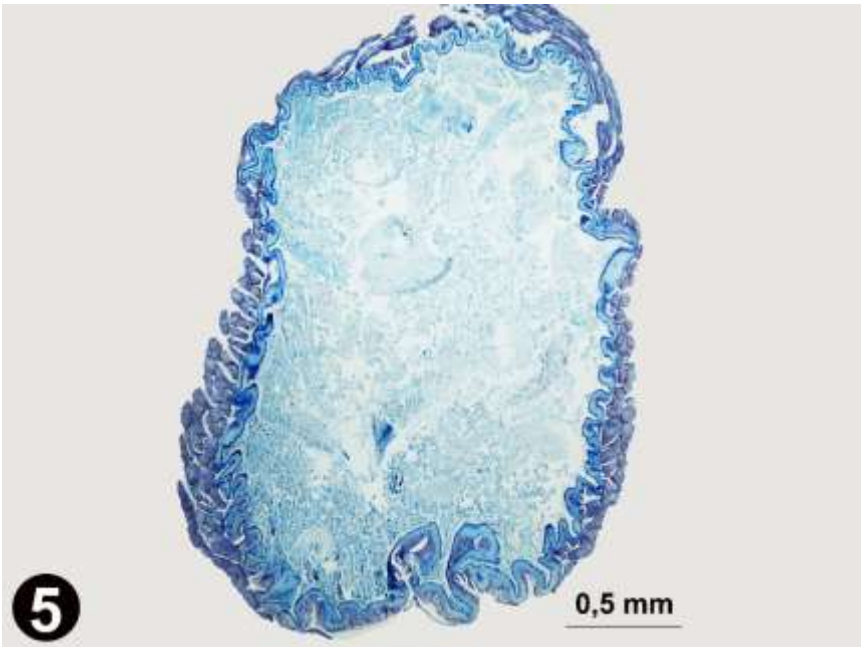


Fig. 5. The general view of the cross section of the crop, Mallory's trichrome stain, LM.

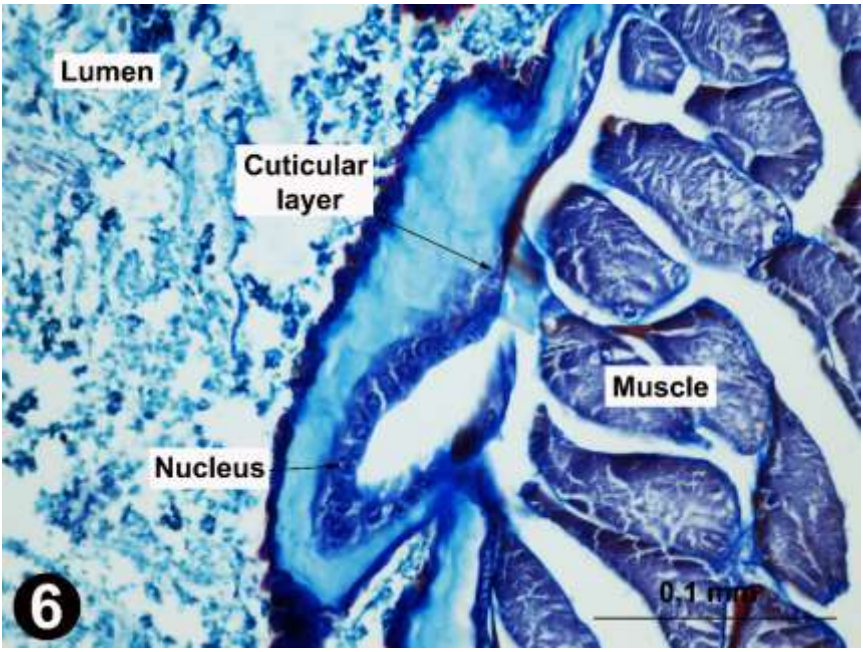


Fig. 6. The high magnification view of the cross section of the crop, Mallory's trichrome stain, LM.

Discussion

In the insects, the digestive canal is divided into three main regions as the foregut, the midgut and the hindgut. The anatomical structure of the foregut is associated with the nutritional habits of the insect (Gillott, 1995; Demir and Suiçmez, 2011). The foregut of the insects which belongs to the Orthoptera order, usually consists of the pharynx, the esophagus, enlarged crop and the proventriculus that has the spines. The crop which is found after esophagus in digestive canal, is a muscular and enlarged organ. It stores the incoming nutrients in a certain period of time before transferring to the proventriculus. When looking at different insect species as *Poecilimon cervus* (Orthoptera, Tettigoniidae), *Acheta domesticus* (Ortoptera, Gyllidae), *Graphosoma lineatum* (Heteroptera, Pentatomidae), crop is seen as quite enlarged due to storing the nutrients (Teo and Woodring, 1994; Amutkan et al., 2015; Polat, 2016). Similarly, *I. nervosa* has also an enlarged crop structure. In spite of that, there is no crop region of the foregut in *Cephalodesmius armiger* (Coleoptera, Scarabaeidae), *Ceroplastes japonicus* (Hemiptera, Coccidae), *Psammotettix striatus* (Hemiptera, Cicadellidae) (Lopez-Guerrero, 2002; Xie et al., 2011; Zhang et al., 2012).

The crop wall of *I. nervosa* consists of single layer cubic epithelium cells. Although the crop wall of *Gryllus sigillatus* (Orthoptera, Gryllidae) and *Melanogryllus desertus* (Orthoptera, Gryllidae) has cubic epithelium, *P. cervus* (Orthoptera, Tettigoniidae) crops has a squamous-cubic epithelium (Biagio et al., 2009; Çakıcı and Ergen, 2012b; Polat, 2016).

There are cuticle layers on the apical side of the cells in many insect species in Orthoptera order such as *G. sigillatus* (Orthoptera, Gryllidae), *Locusta migratoria* (Orthoptera, Acrididae), *Parapsyra nigrovittata* (Orthoptera, Tettigoniidae), *Phaneroptera gracilis* (Orthoptera, Tettigoniidae), *Elimaea punctifera* (Orthoptera, Tettigoniidae), *Holochlora venosa* (Orthoptera, Tettigoniidae), *P. cervus* (Orthoptera, Tettigoniidae) (Li and Zheng, 2007; Biagio et al., 2009; Hochuli et al., 1992, 1994; Polat, 2016). In *I. nervosa*, there are pointed spines on cone-shaped teeth on the cuticle layer. Similarly, small spines in the crops of the species, belong to the Tettigoniidae family, have elongated end portions (Li and Zheng, 2007). The cuticle layer has small spines in the crops of the species belong to the family Gryllidae (Biagio et al., 2009). In the species of Acrididae family, the inner surface of the anterior crop has sclerotized spines which are quite sharp. The spines on the posterior region of the crop are smaller and steeper than the anterior region (Hochuli et al., 1992, 1994; Elzinga, 1996).

At the end of this study, it should be emphasized that the crop structure of *Isophya nervosa* is similar to the crop structure of other species in the Orthoptera order. This similarity is not surprising considering the connection between the way of nutrition and the digestive system. In conclusion, the studies that determine the histological structure of the crop will undoubtedly contribute to more comprehensive studies.

Acknowledgement

We express our thanks to Prof. Dr. Mustafa ÜNAL (Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Arts and Sciences, Biology Department) for helping to the species diagnosis. This study is a part of Damla AMUTKAN MUTLU's PhD thesis.

References

Amutkan D, Suludere Z, Candan S (2015). Ultrastructure of Digestive Canal of *Graphosoma lineatum* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Pentatomidae), *J. Entomol. Res. Soc.*, 17(3), 75-96.

Biagio F.P, Tamaki F.K, Terra W.R, Ribeiro A.F (2009). Digestive Morphophysiology of *Gryllus sigillatus* (Orthoptera: Gryllidae), *J. Insect Physiol.*, 55, 1125-1133.

Çakıcı Ö, Ergen G (2012a). Light and Scanning Electron Microscope Investigations on the Structure of the Proventriculus in *Melanogryllus desertus* (Pallas) (Orthoptera: Gryllidae), *Türk. Entomol. Derg.*, 36(4), 541-548.

Çakıcı Ö, Ergen G (2012b). *Melanogryllus desertus* (Pallas, 1771) (Orthoptera: Gryllidae)'un Ön Bağırsağında (Farinks, Özofagus ve Kursak) Işık ve Taramalı Elektron Mikroskobu Araştırmaları, *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 3(2), 18-24.

Chapman R.F (2013). Alimentary Canal, Digestion and Absorption. In S.J. Simpson, A.E. Douglas (Eds.). *The Insects: Structure and Function* (5th ed., pp. 46-80). Cambridge University Press.

de Sousa G, Scudeler E.L, Abrahão J, Conte H (2013). Functional Morphology of the Crop and Proventriculus of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 106(6), 864-852.

Demir F, Suiçmez M (2011). Investigation of Digestive Tract of *Sphex flavipennis* Fabrius, 1793 (Hymenoptera: Sphecidae): Morphology and Ultrastructure, *Gazi University Journal of Science*, 24(3), 397-405.

Elzinga R.J (1996). A Comparative Study of Microspines in the Alimentary Canal of Five Families of Orthoptera (Saltatoria), *Int. J. Insect Morphol. Embryol.*, 25(3), 249-260.

Gillott C (1995). *Entomology*. Plenum Press, New York and London, 798 pp.

Hochuli D.F, Roberts B, Sanson G.D (1992). Anteriorly Directed Microspines in the Foregut of *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae), *Int. J. Insect Morphol. Embryol*, 21(1), 95-97.

Hochuli D.F, Roberts B, Sanson G.D (1994). Foregut Morphology of *Locusta migratoria* (L.) (Orthoptera: Acrididae), *Aust. J. Entomol.*, 33(1), 65-69.

Hochuli D.F, Sanson G.D, Roberts B (1993). Approximate Digestibility of Fibre for Two Locust, *Entomol. Exp. Appl.*, 66(2), 187-190.

Li Z.Y, Zheng Z.M (2007). Studies on the Internal Structure of the Foregut of Phaneropterinae (Orthoptera: Tettigoniidae), *Orient. Insects*, 41(1), 327-337.

Lopez-Guerrero Y (2002). Anatomy and Histology of the Digestive System of *Cephalodesmius armiger* Westwood (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae), *Coleopt. Bull.*, 56(1), 97-107.

Muralirangan M.C, Ananthakrishnan T.N (1974). Taxonomic Significance of the Foregut Armature in Some Indian Acridoidea (Orthoptera), *Orient. Insects*, 8(2), 119-145.

Pappalardo A.M, D'Urso V, Viscuso R, Ferrrito V, Giunta M.C, Cupani S, Vitale D.G.M (2016). Morphostructural Investigations of the Female Reproductive System and Molecular Evidence for Wolbachia in *Balclutha brevis* Lindberg 1954 (Hemiptera, Cicadellidae), *Micron*, 81, 23-33.

Polat I (2016). *The Ultrastructural Features of the Digestive, Excretory, Female and Male Reproductive Systems of Poecilimon cervus Karabag, 1950* (PhD thesis). Gazi University, Institution of Science, 1-187 (in Turkish).

Rocha L.L, Neves C.A, Zanuncio J.C, Serrao J.E (2010). Digestive Cells in the Midgut of *Triatoma vitticeps* (Stal, 1859) in Different Starvation Periods, *C.R. Biol.*, 333(5), 405-415.

Rosenberg D.M, Danks H.V, Lehmkuhl D.M (1986). Importance of Insects in Environmental Impact Assessment, *J. Environ. Manage.*, 10(6), 773-783.

Rost-Roszkowska M.M (2008). Ultrastructural Changes in the Midgut Epithelium of *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) During Degeneration and Regeneration, *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 101(1), 151-158.

Santos C.G, Serrão J.E (2006). Histology of the Ileum in Bees (Hymenoptera, Apoidea), *Braz. J. Morphol. Sci.*, 23, 405-413.

Teo L.H, Woodring J.P (1994). Comparative Total Activities of Digestive Enzymes in Different Gut Regions of the House Cricket, *Acheta domesticus* L. (Orthoptera: Gyllidae), *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 87, 886-890.

Turanlı F, Çabuk M, Kısmalı Ş, Gelbic I (2006). Determination of the Steps in Mode of Action of *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis* on the Midgut of *Leptinotarsa decemlineata* (Say.) (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae, *Türk. Entomol. Derg.*, 30(2), 137-150 (in Turkish).

Ulubeli S.A (2005). *Histological Investigations of the Digestive Tract of Adult Pachyscelis quadricollis smyrnensis Kraatz, 1865 (Coleoptera: Tenebrionidae)* (Master's thesis). Ege University, Institution of Science, 1-57 (in Turkish).

Vitale D.G.M, Brundo M.V, Viscuso R (2011). Morphological and Ultrastructural Organization of the Male Genital Apparatus of Some Aphididae (Insecta, Homoptera), *Tissue Cell*, 43, 271-282.

Vitale D.G.M, Viscuso R, D'Urso V, Gibilras S, Sardella A, Marletta A, Pappalardo A.M (2015). Morphostructural Analysis of the Male Reproductive System and DNA Barcoding in *Balclutha brevis* Lindberg 1954 (Homoptera, Cicadellidae), *Micron*, 79, 36-45.

Wanderley-Teixeira V, Teixeira A.A.C, Cunha F.M, Costa M.K.C.M, Veiga A.F.S.L, Oliveira J.V (2006). Histological Description of the Midgut and the Pyloric Valve of *Tropidacris collaris* (Stoll, 1813) (Orthoptera: Romailidae), *Braz. J. Biol.*, 66(4), 1045-1049.

Xie Y, Liu W, Zhang Y, Xiong Q, Xue J, Zhang X (2011). Morphological and Ultrastructural Characterization of the Alimentary Canal in Japanese Wax Scale (*Ceroplastes japonicus* Green), *Micron*, 42(8), 898-904.

Zhang F, Zhang C, Dai W, Zhang Y (2012). Morphology and Histology of the Digestive System of the Vector Leafhopper *Psammotettix striatus* (L.) (Hemiptera: Cicadellidae), *Micron*, 43(6), 725-738.

EPİGENETİK

Recep Yusuf Şahin
Gaziantep Üniversite Sağlık bilimleri Enstitüsü
Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, Gaziantep, Türkiye
yusufsahin044@hotmail.com
Prof. Dr. İclal GEYİKLİ ÇİMENCİ

Özet Epigenetik, genotipik değişikliklerden kaynaklanmayan, gen ekspresyonundaki farklılıkları inceleyen bilim dalıdır. DNA dizisini değiştirmeyip, DNA, protein ve RNA'ların fonksiyonunun ve regülasyonunun farklılaşmasıyla karekterize modifikasyonları içerir. Epigenetigi moleküler anlamda değerlendirdiğimizde, bazı genlerin aktivasyonlarının değişen şartlarda nasıl bir tablo ortaya koyacağını belirler. DNA demetilasyonu son yillarda onemli bir arastirma konusu haline gelmis epigenetik modifikasyon mekanizmalarindan biridir. Demetilasyon süreci hücrede TET enzimleri tarafında yürütülmektedir. TET enzimleri metillenmiş DNA yı oksidatif mekanizmayla sırasıyla 5-hidroksimetilsitozin, 5-formilsitozin ve 5-karboksisitozin ara ürünlerine oksitler. Son yapılan çalışmalar ara ürünlerin tek başlarına ayrı birer epigenetik işaret olarak işlev görebileceklerini göstermektedir. TET enzimlerinin mekanizma ve kinetik acidan detayli incelenmesi, bu enzimlerin demetilasyon olayini fizyolojik olarak nasil kontrol ettikleri hakkinda bilgi edinmek icin buyuk onem arz etmektedir. Bu turden bir inceleme icin yuksek miktarda proteine ihtiyac vardir. Ozellikle E.coli hucreleri icerisinde yapilan rekombinant protein ekspresyonu yuksek miktarda protein eldesine imkan vermektedir. E.Coli hucreleri iceririsinde rekombinant yoldan protein ekspresyonunda karsilasilan en onemli sorunlardan birisi proteinlerin cokmus olarak (inclusion body) ekspres edilmesidir. Bu nedenle proteinin ekspresyon esnasinda ve sonrasinda hucre icerisinde cozunur olarak tutulmasi aktif protein eldesi icin cok onemlidir. Bunu gerceklestirmek icin istenilen proteine N veya C terminalinden eklenebilen bazi proteinler (fuzyon proteinleri) hedef proteinin cozunurlugunu artirarak cozunur ve aktif protein eldesine imkan vermektedir. Hem yayginligi hem de kolay calisilabilecek kitlerin mevcut bulunmasindan dolayi bu calismamizda TET1 proteininin cozunmus bir sekilde bakteri icerisinde ifadesi icin SUMO fuzyon sistemini tercih ettik. SUMO kiti tarafindan saglanan gen ile TET1 genimiz basarili bir sekilde birlestirilerek SUMO-TET1 fuzyon plazmidi elde edildi. Daha sonra ise bu plazmidi E.Coli BL21(DE3) hucreleri icerisine transform ettik ve E.coli hucreleri icereisinde cozunur ve fonksiyonel TET1 proteini (SUMO ile fuzyon) eldesini

gerceklestirdik. Yaptigimiz aktivite analizleri de elde ettigimiz enzimin aktifligini teyit etmektedir. Calismalarimiz sonucunda TET enzimlerinin detayli incelenmeleri icin gerekli yuksek miktar protein eldesine imkan veren onemli bir metod ortaya koymus olduk.

Anahtar Sözcükler: DNA Demetilasyonu,5-metilsitozin, DNA Metilasyonu, Epigenetik, TET Proteini.

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Epigenetiğe Toplu Bakış

Genetik olmayan, DNA tamamını değiştirmeyip, DNA, protein ve RNA'ların etkilerini ve yeniliklerinin farklılaşmasıyla karakterize modifikasyonları içerir. İrsi olup, genetik olmayan fenotipik karakterlerdir. Diger bir ifadeyle Epigenetik; genotiple ilgili değişikliklerden kaynaklanmayan, geni üzerinde farklılıkları inceleyen bilim dalıdır. Konuyu toplu anlamda değerlendirdiğimizde; kompleks olup, bazı genlerin aktivasyonlarının ne zaman değişen şartlarda nasıl bir tablo ortaya koyacağını belirler. Epigenetik modifikasyonlar, sıkı düzenlenen doku ve hücre tipi spesifik gen ekspresyon modellerinden sorumludur. Bu ifade modellerindeki sapmalar belirli hastalıklara, özelliklede bazı kanser türlerine neden olabilir.(Tammen S.A.,Friso S.,Choi S-W., 2012)

Histon Modifikasyonları:

Histon dış görünüm etkileri; kromatinler ile ilgili proteinler ile etkileşimi sonucu genlerin eşleşme sürecini düzenleyen etkenlerdir. Geridönüşlü histon modifikasyonu gruplarında; asetilasyon, fosforilasyon, metilasyon S-nitrosilasyon, ubikitinasyon ve sumolasyon yer alır.

1.2.3. Epigenetiğin Önemi

Epigenetik mekanizmalar, kanser ve kanserle ilgili biyomarkerlerin bulunması, tartışılması, genetik ile ilgili düzensizlikler, epigenetikle ilgili sistemlerde rol alan proteinle ilgili düzensizlikler ve ikili sistem arası denge ve dengesizlik durumu, nörolojik ve otoimmun hastalıkların oluşması ve bu hastalıkların tedavisi için hedefe yönelik farmakolojik ürünlerin sentezi büyük önem arzetmektedir.

2. METİLASYON

DNA metilasyonu; DNA'nın kimyasal olarak değişimidir. Nükleik asit dizisine bir metil grubunun eklenmesidir. Genomun düzenlenmesini ve gelişmesini sağlayan bir reaksiyondur. DNA metilasyonu epigenetik koda aittir. Kimya ile ilgili bir mekanizma olan metilasyon canlılar aleminde oluşmaktadır. Bunun sonucunda protein fonksiyonları denetlenmiş olur. Metilasyon organizmada; protein ve DNA metilasyonu şeklinde gerçekleşmektedir.

Metilasyon Mekanizmasıyla ilgili Moleküller

Metil transferi Yapanlar

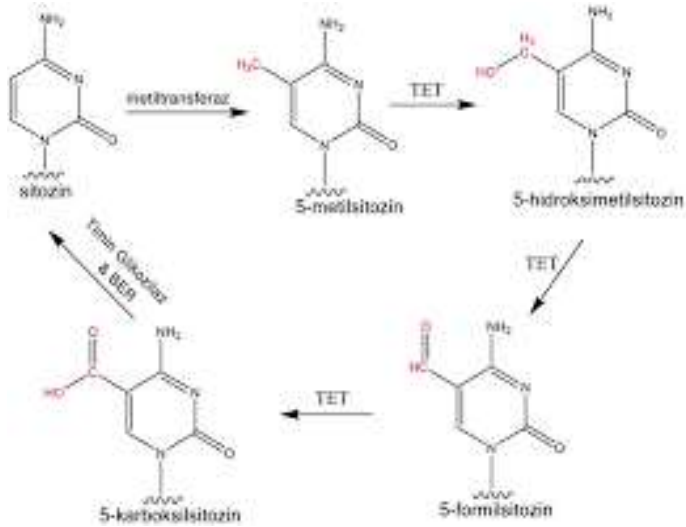
Nükleik asit'deki CpG bölgelerine metil transfer eden enzimler DNA metiltransferaz(DNMT)'lar olarak adlandırılır. Memeli organizmalarda; DNMT1, DNMT3A ve DNMT3B olacak şekilde üç adet DNA metiltransferaz bulunur.. Son zamanlarda DNMT3A'nın hematopoetik kök hücre farklılaşmasında rolüyle ilgili bulgular uzun süreli "kilitleme" modelinin evrenselliği metilaz olduğunu gösterdi.

Metilasyonun Fonksiyonları

DNA metilasyonu, en iyi çalışılan epigenetik izi taşır.(Tammen S.A., Friso S., Choi S-W., 2012) DNA metilasyonunun fonksiyonlarını anlama, metilasyonun genom boyunca dağılımının dikkate alınmasını gerektirir.

3. DNA DEMETİLASYONU

Demetilasyon kimyasal olarak bir molekülden metil(CH3) grubunun ayrılması şeklinde tanımlanır. Kanser oluşumunda epigenetik değişiklikler önemli rol oynar. Epigenetik değişikliklere örnek olarak; DNA metilasyonu, histon modifikasyonu ve kromozom yapısındaki değişiklikler gösterilebilir. DNA metilasyonu konusunda ayrıntılı bilgiye sahibiz. DNA metilasyonundaki değişklikler şimdi bilinmektedir.



Şekil 3.1. DNA sitozininin metillenme ve demetillenme basamakları ve bu basamaklarda görevli enzimler

4. DNA METİLASYONUNDA ANORMALLİKLER VE HASTALIKLAR

DNA Metilasyonunda Anormallikler Nasıl Oluşur

Teknolojik gelişmelerle birlikte epigenetik alanında yapılan çalışmalar hızlanmıştır. Özellikle insanlar üzerindeki epigenetik olayların etkilerinin keşfedilmesi, hastalık ilişkisininde kurulmasına neden olmuştur.

Metilasyon Mekanizmasındaki Bozukluklar ve İlişkili Hastalıklar

Metilasyonlarla ilgili gen mutasyonlarıyla ilgili meydana gelen ya da metillenme mekanizmasındaki bozunmayla alakalı canlının hayat faaliyetlerinde tanımlanabilen bir takım bozunmalar oluşur.

DNA Metilasyonu ve Hastalıklar

DNA metillenmesi; embriyonik gelişim, transkripsiyon, kromatin yapısının düzenlenmesi, X kromozomunun inaktivasyonu, genomdaki "farklılık" ve kromozom sabitliğinin sağlanması ve benzeri hücresele akışta etkin olan kayda değer epigenetik mekanizmalardır.

İmprinting Rahatsızlıklar

Genetik ile ilgili maddenin anne veya babadan katılması dolayısıyla aynı olmayan ya da monoallelerle tanımlı oluşuna genoma bağlı imprinting olarak adlandırılır.

Mekanizma ile İlişkili Hastalıklar

Bu gruptaki hastalıkların, DNA metillenme mekanizmalarında görev alan genlerden mutasyon sonucunda meydana gelen hastalıklardır.

Kanser

Kansere epigenetik bir bağın ilk belirtileri gen ekspresyonu ve DNA metilasyon çalışmalarından elde edilmiştir. Kanserde mutasyona uğramış epigenetik düzenleyiciler histonu vurgular, en yaygın olarak etkilenen epigenetik yollar olarak asetilasyon ve metilasyon.

Kanserde İmprintingin Rolü

Toplu metillenme değişimlerinde "imprinted" genomda nükleik asit metillenmesi kaybını veya kazanımıda kanser oluşumuna sebep olur.

Prostat Kanseri Tanısında DNA Metilasyonunun Yeri

Metilasyon kanserin erken teşhisi, sınıflandırılması, prognozu ve tedavisiyle ilgili önemli bilgiler sağladığından, son yıllarda kanser araştırmalarında önemli bir yere sahiptir.

Obezitede Epigenetik Mekanizmaların Etkisi

Obezite, etiolojisinde hormonlar çevre etkisi ve genetik faktörlerinde rol oynadığı karmaşık rahatsızlık durumudur. Sıklığı dünya çapında gün geçtikçe artmakta ve 2030'a kadar dünya nüfusu ortalama olarak % 58'i obez(Vücut Kitle İndeksi,VKİ>30kg/m2) olacağı tahmin edilmektedir.

5. Tet Enzimleri Ve Yeni Epigenetik İşaretler

Tet Proteinlerinin Çeşitleri

2009 Yılında Science Dergisinde Yayınlanan Bir Rapor(Tahiliani, Mamta, Et Al. 2009) Biyoinformatik Analiz Metodlarınında Yardımıyla Tet(Ten-Eleven Translocation) Proteinleri Olarak Bilinen Ve 3 Proteinden Oluşan(Tet1-3) Bir Grup Proteinin 5-Metilsitozinin Demetilasyonunu Gerçekleştirdiğini Gösterdi.

6.Tet Enzimlerin Mekanizmasını İncelemek Niçin Önemlidir

Değiştirilmiş sitozin türleri insan genomunda dinamik mevcut oluşuyla epigenetik yönden birçok fizyoloji ile ilgili olayın düzenlenine katkı sağlamaktadır. Bu noktada 5- metilsitozin TET proteinlerinin etkisi ile demetilasyonu sonucu kimyasal ve kinetik sistemleri proses edilen 3 substratın seçicilikleri fizyolojik şartlarında başlangıç maddesi oksijen varlığında enzimin nasıl davrandığı gibi benzeri bilgilerin epigenetik eşleşme açısından önem arz etmektedir.

7. GEREÇ ve YÖNTEM

Protein Eldesi için Gen Dizaynı

Rekombinant protein eldesi ve saflaştırılması işlemlerinde en önemli basamaklardan bir tanesi de konak hücre ve buna uygun vektör seçimidir.

LB-Agar Tabağı Hazırlanması

LB laboratuvar ortamında bakteri kültürü hazırlamak için yaygın olarak kullanılan besince zengin bir medyadır.

Enzyme-Free Klonlama

PCR reaksiyonu ile çoğaltılan hedef genimizin (insert DNA) kit tarafindan sağlanan pETite lineer vektör ile birleştirilmesi için 2 ul pETite vektörü ve 3 ul PCR reaksiyonu hücrelerin içerisine eklendikten sonra hafifçe karıştıldı.

Protein Saflaştırılması

Bu süreçte elimize geçen protein karışımından istenilen TET1-CD veya SUMO-TET1-CD proteinlerin ayrılması için saflaştırma işlemi yapıldı.

Protein Karekterizasyonu

SDS-PAGE

Yöntemlerin proteinlerin molekül ağırlıklarına dayanan bir tayin yöntemidir. Bulmaya çalıştıklarımız olan SUMO-TET1-CD proteinin molekül ağırlıklarının yaklaşık 90 kDa olduğu bilinmektedir.

Bradford Yöntemi ile Protein Miktarının Spektrofotometrik Tayini

BCA yönteminde olduğu gibi konsantrasyonu bilinen BSA çözeltilerinin konsantrasyon - absorbans grafiği çizilerek konsantrasyonu bilinmeyen protein çözeltilerinin konsantrasyonları hesaplanır.

Aktivite Analiz Reaksiyonlari

Aktivite analiz reaksiyonlarında 6-mer'lik DNA oligosu (CGmCGCG) kullanılmıştır.

HPLC metodu ile aktivite analizi

HPLC (Yüksek performans sıvı kromatografisi) küçük molekülleri ayırmakta ve tanımlamakta kullanılan en sık yöntemlerindendir.

HPLC örneklerinin hazırlanması

Aktivite analiz reaksiyonları tamamlandıktan sonra reaksiyon karışımına hacminin 3 katı metanol ilave edilerek karışımda bulunan proteinin dibe inmesi sağlandı (50 ul reaksiyon karışımına 150 ul metanol).

HPLC Cihazının hazırlanarak örneklerin yürütülmesi

HPLC analizlerinde Agilent 1260 Infinity HPLC cihazı kullanıldı. HPLC kolonu olarak ise Ace marka C18 HPLC kolonu (i.d. 4.6 mm, 25 cm uzunluk, 5 uM particle size) kullanıldı.

8. BULGULAR

Literatür araştırmalarımız sonucunda TET1 proteininin farede bulunan homoloğunun reaksiyon oluşan bölge (1367-2039 nolu amino asitler) kodlama oluşturan gen dizisi (Sekil 1), E.Coli hücrelerine uygun olarak kodon ideal şartlar oluşturularak gen sentez firmasından temin edilmiştir. Genimiz pET28b ekspresyon vektörü (N-terminal histidin etiketi içeren) içine konulmuş şekilde bize ulaşmıştır (Şekil 2).

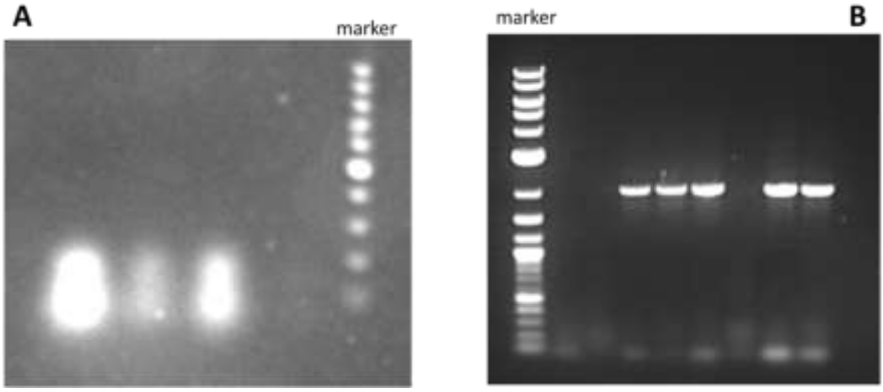
Primerlerin dizayni

Primer dizayni için öncelikle Espresso SUMO T7 Cloning and Expression System Kitinin kullanma talimatlarını takip ederek genimizin uçlarına SUMO vektörüne yapıştırma için gerekli nükleotid dizisini tespit ettik (Sekil 3). Bunun için tavsiye edilen nükleotid dizisi sayısı 18 'di.

PCR Reaksiyonu

Primerlerimiz yukarıda anlatıldığı gibi dizayn edildikten sonra PCR reaksiyonu ile hedef genimiz olan TET1 (katalitik bölge) gen dizisinin çoğaltılması aşamasına geçtik. PCR reaksiyonu için SUMO kitinde bulunan malzemeler dışında DNA sentezi için DNA polimeraza ihtiyacımız vardı. Bu amaçla proof-reading DNA polimeraz (SUMO kiti tarafindan tavsiye edilen) temin edilmiştir.

Daha sonra hedef genimizin PCR reaksiyonu ile istediğimiz şekilde çoğaltıldığını kontrol etmek icin PCR reaksiyonumuzun bir kısmını DNA agaroz jel elektroforez yardımıyla analiz ettik.



Şekil 8.5. A: Normal Mg2+ konsantrasyonu kullanıldığında (DNA polimeraz tampon çözeltisi içerisinde yer alan standart konsantrasyon) sadece çok düşük molekül ağırlığı bölgesinde bazı bantlar gözlenmiş ama genimizin molekül ağırlığı bölgesinde bir bant görülmemiştir.

B: Tampon çözelti içerisine fazladan Mg2+ takviyesi yapılıp yüksek Mg2+ konsantrasyonlari denendigi zaman elde edilen PCR reaksionularinin jel analizlerinde özellikle 2.0 mM Mg2+ ve yukarısında çoğaltılmış genimizin bandı bariz şekilde görülmektedir.

Kolonilerimizden elde edilen plazmidlerden 3 tanesinin ekspresyonu sonucu SUMO-TET1 füzyon proteini içeren proteinin molekül ağırlığına karşılık gelen bölgede bant tespit edildi ve bu kolonilerin başarılı bir şekilde klonlanan pETite vektörlerinden geldiğini teyit etmiş olduk (Şekil 8.8). Başarılı olan vektör konstruktlari aşağıda anlatıldığı gibi aktif ve çözünür TET1 üretiminin test edilmesinde kullanıldı.

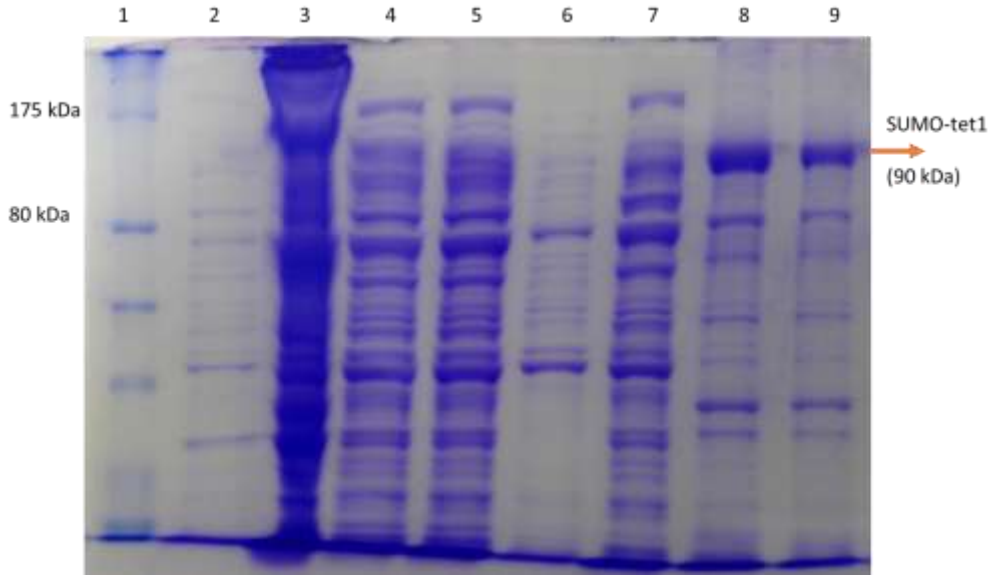
Şekil 8.6. Tet1-CD plasmidi transform edilmiş BL21(DE3) hücrelerinin seçici olarak LB-Agar-Kanamaysın petri tabakları üzerinde kolon halini almaları

PCR reaksiyonu ile başlayan ve hücrelere transformasyon ile biten prosedürün şemasal olarak özeti aşağıda Sekil 8.7'de gösterilmektir.

Aktif Enzim Elde Edilmesi Amacıyla SUMO Füzyon Proteinin Kullanılması

Ekspresyonu imkân sağlayacak SUMO-TET1 füzyon proteinin plasmid başarılı bir şekilde elde edildikten sonra bu plazmid aracılığı ile aktif ve çözünür protein eldesinin gösterilmesi aşamasına geçilmiştir. TET1 genimizi SUMO proteinini kodlayan gene C-terminalinden bağlanmış durumda içeren bu SUMO ekspresyon vektöründe (pETite), diğer pET ekspresyon vektörlerine benzer şekilde E.coli BL21(DE3) hücrelerin içerisine SUMO-TET1 ifadesi için kullanılmıştır. Aynı zamanda C-terminalinde 6X-Histidin etiketi de bulunmaktadır (Şekil 8.3).

Bu plazmid, BL21(DE3) hücrelerine transform edildikten sonra önceki kısımda anlatıldığı gibi saflaştırılması ve protein ekspresyonu yapılmıştır. Aşağıdaki jel örneğinde anlaşıldığı gibi çözünür fraksiyonda başarılı bir şekilde protein eldesi sağlanmış ve Ni-afinite kolonunda saflaştırmayıda başarılı bir sonuç elde edilmiştir.



Şekil 8.8. SUMO-TET1 füzyon proteini ifadesi ve saflaştırması sırasında alınan örneklerin SDS-PAGE jeli üzerinde yürütülmüş ve Comassie boyasıyla görüntülenmiş resmi. Kolon numaralarına karşılık gelen örnekler şu şekildedir: 1.Protein merdiveni, 2. IPTG indüksiyonu öncesi hücre lizatı, 3. Hücre lizisi sonrası elde edilen çöken kısım (cell pellet), 4. Hücre lizisi sonrası elde edilen temiz süpernatan (clear lysate), 5. Yıkama sırasında kolondan direk geçen kısım (flowthrough), 6. Yükleme esnasında kolondan direk geçen kısım (flowthrough), 7. Saflaştırmada erken elüsyon fraksiyonu, 8. Saf fraksiyonların birleştirilmiş hali (pool). Yüksek molekül ağırlıklı bölgede görülen koyu bant (80 kDa marker'in biraz ustu), SUMO-TET1 proteinimizin ağırlığı olan 90 kDa ile örtüşmekte ve füzyon proteinimizin çözünür halde başarılı bir şekilde saflaştırıldığını göstermektedir.

9.TARTIŞMA

Enzimlerin kinetik ve mekanizmalarının detaylı bir şekilde incelenebilmesi için yüksek miktarda proteine ihtiyaç vardır. Bu da ancak rekombinant protein eldesiyle mümkündür. Özellikle E.coli hücreleri içerisinde yapılan rekombinant protein ekspresyonu yüksek miktarda protein eldesine imkân vermektedir. Bu şekilde ifade edilen proteinler daha sonra proteinin N- veya C-terminalinde ifade edilen histidin etiketi gibi tagler vasıtasıyla kolay bir şekilde saflaştırılıp detaylı kinetik ve mekanistik analizlerde kullanılabilirler.

E.Coli hücreleri içeririsinde rekombinant yoldan protein ekspresyonunda karşılaşılan en önemli sorunlardan birisi proteinlerin çökmüş olarak (inclusion body) ekspres edilmesidir. Özellikle okaryotik proteinlerin prokaryot olan bakteri hücreleri içerisinde ifadesi problem oluşturabilmektedir. Bu durumda aktif proteini elde etmek için denaturasyon/tekrar katlama yöntemi uygulanabilse de bu yöntem her zaman sonuç vermemekte ve fonksiyonel protein eldesi mümkün olmamaktadır. Başarılı olduğu durumlarda ise üre gibi denaturantlar içeren

yüksek hacimli tampon çözeltilere ihtiyaç olmaktadır. Bu nedenle proteinin ekspresyon esnasında ve sonrasında hücre içerisinde çözünür olarak tutulması en verimli yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için istenilen proteine N veya C terminalinden eklenebilen bazı proteinler (füzyon proteinleri) hedef proteinin çözünürlüğünü artırarak çözünür ve aktif protein eldesine imkân vermektedir.

10. SONUÇ

Yüksek miktarda doğru bir şekilde katlanmış ve aktif TET1 proteini eldesi bu enzimin mekanizma ve kinetiğinin incelenmesi açısından önemli bir gereksinimdir. Fizyolojik açıdan büyük bir öneme sahip olan bu demetilaz enzimi, DNA üzerinde demetillenme gerçekleştirerek epigenetik regulasyonda büyük bir rol oynamaktadır. Ayrıca bu enzim, kataliz esnasında farklı ara ürünler oluşturmakta ve bu ara ürünlerin her birinin ayrı bir epigenetik işaret olarak fonksiyonu olduğu düşünülmektedir. Bu ara ürünlerin ne zaman ve ne kadar oluştuğu gibi detaylı bilgilere ulaşmak açısından TET1 enzim kinetiğinin araştırılması gerekmektedir. Bu tür hareketli ve mekanik çalışmalar yüksek oranda aktif protein eldesi ve saflaştırılmasını gerektirir.

4.KAYNAKÇA

1. Stephanie A. Tammen A,B, Simonetta Friso C,1, Sang-Woon Choi. Review Epigenetics: The Link Between Nature And Nurture. Molecular Aspects Of Medicine 34 (2013) 753–764.
2. İzmirli M., Epigenetik Mekanizmalar Ve Kanser Tedavisinde Epigenetik Yaklaşımlar. Van Tıp Dergisi: 20(1): 48-51, 2013.
3. Orcan S., Epigenetik Ve Epigenomik. Hacettepe Üniversitesi(2006).
4. Yaykaşlı K. O., Hatipoğlu Ö. F., Kaya E., Yaykaşlı E., Epigenetik Mekanizmalar Ve Kanser. Düzce Tıp Dergisi 2012; 14(3): 58-68
5. İzmirli M., Tufan T., Alptekin D., DNA Metilasyonu. Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, Adana Arşiv Kaynak Tarama Dergisi (Archives Medical Review Journal) 2012; 21(4):274-282.
6. Peter A. Jones. Functions Of Dna Methylation: İslands, Start Sites, Gene Bodies And Beyond. www.nature.com/reviews/genetics

7. Mark A. Dawson And Tony Kouzarides, Cancer Epigenetics:From Mechanism To Therapy. Cambridge Cb2 0xy, Uk.(2012)

8. Zachary D. Smith And Alexander Meissner. Dna Methylation: Roles İn Mammalian Development. Department Of Stem Cell And Regenerative Biology.(2013)

9. Sayın D. B., Metilasyon Ve Kanser. Turkiye Klinikleri J Med Sci 2008, 28:513-524

10. Jiang Y., Bressler J., Beaudet L.A., Epigenetics and human disease. Annu Rev genet 2004.S.479-510

11. Reik W., Stability and flexibilityof epigenetic gene regulation in mammalian development. Nature 2007;447(7143):425-32

12. Robertson K.D.,DNA methylation and human disease. Nat Rev Genel 2005;6:597-610

13. Güler C.,Balcı Peynircioğlu B.,DNA metilasyonu ve Hastalıklarla ilişkisi.ACU Sağlık Bilgisi Dergisi 2016(2):61-68

14. Rodenheiser D., Mann M., Epigenetics and human disease:translating basic biology into clinical applications. CMAJ 2006;174(3):341-8

15. Bora1 G., Yurter H. E., Epigenetik Hastalıklar Ve Tedavi Yaklaşımları. Hacettepe Tıp Dergisi 2007; 38:48-54

16. Güçlü-Geyik F., Erginel-Unaltuna N., Obezitede Epigenetik Mekanizmalar. Deneysel Tıp Araştırma Enstitüsü Dergisi. Yıl:2,Cilt:3,Sayı:6,Sayfa:7-17

17. Tahiliani M, Koh KP, Shen Y, et al. Conversion of 5-methylcytosine to 5- hydroxymethylcytosine in mammalian DNA by MLL partner TET1. Science 2009;324:930-935.

18. Ono Ryoichi, et al.”LCX, leukemia-associated protein with a CXXC domain, is fused to MLL in acute myeloid leukemia with trilineage dysplasia having t(10;11)(q22;q23).”Canser Research 62.14(2002):4075-4080

19. Kayman Kürekçi G., Bunsuz M., Önal G., Dinçer P., Kazanılmış Epigenetik Değişikliklerin Kalıtımı Ve Hastalıklara Yatkınlıktaki Rolü. İst Tıp Fak Derg 2017; 80: 1

20. Eser B. E., Yazgan Ü. C., Gürses S. A., Aydın M., Diabetes Mellitus Ve Epigenetik Mekanizmalar. Dicle Tıp Dergisi. 2016; 43 (2): 375-382

21. Shen L., Song CX,He C,Zhang Y.,2014.Mechanism and Function of Oxidative Reversal of DNA and RNA Methylation. 2014;83:585-614

22. Kohli RM, Zhang Y, TET enzymes, TDG and the dynamics of DNA demethylation. 2013 Oct 24;502(7472):472-9.

23. Jones PA,Baylin SB, The epigenomics of cancer. 2007 Feb 23;128(4):683-92.

24. Yang M, Park JY, DNA methylation in promoter region as biomarkers in prostate cancer. Methods Mol. Biol.863,67-109.doi:10.1007/978-1-61779.612-8_5

25. Tan L, Shi YG, Tet family proteins and 5-hydroxymethylcytosine in development and disease. 2012 Jun;139(11):1895-902. doi: 10.1242/dev.070771.

26. Kosova B., Özel R., Aktan Ç., Prostat Kanseri Tanısında DNA Metilasyonunun Yeri Var Mı?. Üroonkoloji Bülteni. Haziran 2011, Sayı 2.

AĞIR TİCARİ ÇEKİCİ ARAÇLARIN VİRAJ DENGE ÇUBUĞUNUN YAPISAL TASARIMI VE TESTLERİ

Hüseyin Aksungur*
*Ford Otosan Mesleki Eğitim Akademisi, Kocaeli, Turkey
E-mail:haksung1@ford.com.tr

Abstract: The anti-roll bar (stabilizer) is a part of the vehicle suspension system that limits the body tilting angle. U-shaped metallic rod connected the opposing wheels with the short arms and the center is connected to the body and the chassis of the vehicle via rubber pads. It's function; to minimize the jolting while driving on curves and uneven surfaced roads, It also improves the safety and comfort. The design changes of the Anti-Roll bar (stabilizer) are quite common at various stages of vehicle production.

In this study, design of the anti-roll bar (stabilizer) which is one of the front suspension element will be changed in order to improve the driving comfort and stiffness of the heavy commercial vehicle (tow truck). To accomplish this, data collection studies were carried out to determine the vertical loads generated during the anti-Roll bar operating conditions. Those collected data were simulated in a laboratory. As a result of these test data, it has been decided to increase the outer diameter of Anti-Roll Bar

As a result of these studies, it was decided that the control and verification phases of the anti-roll bar usage in the front suspension system of the heavy commercial vehicles which design was changed were approved and the design would be serial production.

Keywords: Anti Roll Bar, Design Parameters, Road Test, Hardness Resistance

1. GİRİŞ

Teknolojinin hızla geliştirdiği ve müşteri beklentilerinin hızla arttığı günümüz koşullarında her geçen gün taşıt tasarım ve doğrulama rekabeti arttmakta, maliyet ve zaman kazançları daha da önem kazanmaktadır. Müşteri beklentilerine cevap vererek pazar payını geliştirmek ve sektörde varlığı sürdürebilmek için bütün üretici firmalar dayanım, konfor ve ömür dengesini en iyi şekilde yapması gerekir. Tasarımın tüm bu dengeleri sağlaması ve hızlı olabilmesi için hem tasarım adımlarının hem de doğrulama yöntemlerinin hızlı olması rekabet avantajı sağlamaktadır.

Süspansiyon sisteminin sağlaması gereken en önemli hususlar, sürüş konforu ve yol tutuşudur. İyi bir sürüş konforu için süspansiyon sisteminin yoldan gelebilecek titreşim ve ani darbeleri sönümlemesi gerekir. Yol tutuşunun sağlanması için aracın güvenli manevra yapabiliyor olması, lastiklerin yeterli çekiş ve frenleme yeteneğine sahip olması gerekir. Viraj denge çubuğu yukarıda izahı yapılan hususları iyileştirmek için kullanılan süspansiyon elemanıdır. Viraj denge çubuğu, süspansiyon sisteminin sağ tarafı ile sol tarafını elastik olarak birleştiren elemanıdır. [1].

Viraj denge çubuğu kullanılması ile, aracın yapacağı yalpa hareketini azalmaktadır. Araç takip ettiği kendi ekseni çizgi hareketinden saptığında yalpa hareketi yapmaktadır. Aracın ağırlık merkezi yalpa ekseninden daha yukarıdadır, bu nedenle araç virajı alırken, merkezkaç kuvveti yalpa ekseni etrafında moment oluşturur. Oluşan moment virajın iç tarafındaki süspansiyonu açmaya, dış tarafındaki süspansiyonu da sıkıştırmaya neden olur. Viraj denge çubuğu'nun oluşturacağı kuvvet süspansiyonun diğer tarafında da basma kuvveti oluşturarak yalpa esnasında her iki tekerleğin de yere basarak aracın yol tutuşunu ve güvenliğini sağlamaktadır. Viraj denge çubuğu araç çok fazla sarsıntıya maruz kaldığında süspansiyona uygulanan toplam dikey yükün % 30-40' ını alacak şekilde tasarlanmıştır [2].

Viraj denge çubukları temel olarak üç farklı kesit tiptedir; katı yuvarlak, içi boş dairesel ve katı konik. Bunlar arasında katı konik çubuklar en pahalı olanıdır ve bu nedenle kullanımı yaygın değildir. Katı yuvarlak çubuklar, en eski denge çubuğudur. Bu çubukların kullanımı hala yaygınlığını korumaktadır. İçi boş çubuğun kütlesinin, katı çubuktan daha düşük olması nedeniyle son yıllarda içi boş çubuğun kullanımı daha yaygın hale gelmiştir [3].

Viraj denge çubuğu tasarımı aracın çeşidine göre şasi bileşenlerinin etrafında dolaşarak düzensiz şekillere sahip olabilir veya araca göre çok daha basit olabilir. Özellikle ağır ticari araçlarda viraj denge çubukları, yapı itibari ile çok daha karmaşık bir şekle sahip olabilmektedir. Bu durum ağır ticari araçlarda sürüş konforunu olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırabilmek için bu alanda yeni mühendislik yaklaşımları gerçekleştirilmektedir.

Otomotiv sektöründe, her bir parçanın, sistemin ve aracın tasarlandıktan sonra piyasaya çıkmadan önce doğrulama amaçlı bir çok laboratuvar ve fiziksel testlerden geçmesi gerekir.

Tasarlanan her bir aracın müşteri koşullarında test edilmesi en doğru sonuçları verecektir. Ancak günümüzde ağır ticari araçların hedeflenen ömrü ortalama 1.000.000 km olduğunu varsayarsak, her bir araç modelinin test edilmesi uzun bir zaman alacak ve yüksek maliyetlere sebep olacaktır. Bu nedenle, günümüzde çok kullanılan diğer bir test yöntemi ise belirlenmiş yol tiplerinden meydana gelmiş özel pistlerde taşıtın test edilmesidir. Bu test pistleri araç tipine göre farklı

parkurlar, yükler ve belli kilometrelerde testleri gerçekleştirip taşıt ömrüne karşılık gelen test ortamını sağlamışlardır. Bu test ortamı araç üreticilerine değişkenliği azaltıcı test yapma imkanı sunmakla birlikte trafikten uzak ve yol koşullarında sürekli aynı olan test zamanlarının tekrarlanabilirliği imkanı sağlanmıştır. Stabilizatör veya sallanan çubuk olarak da adlandırılan viraj denge çubuğu; viraj sırasında ortaya çıkan aracın salınımına veya sallanmasına direnmek için sağ ve sol süspansiyon elemanlarını birbirine bağlayan genellikle çelikten yapılmış bir çubuk veya borudur [1,4].

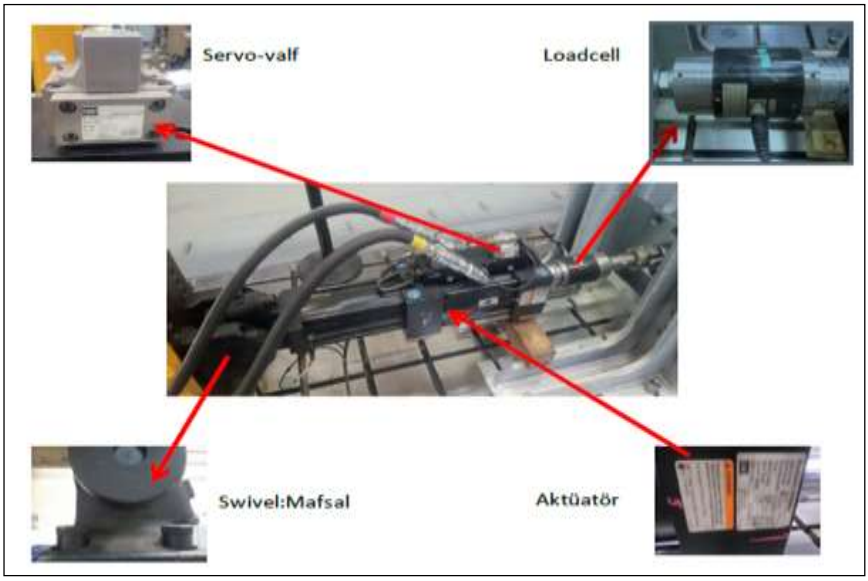
Ağır hizmet tipi çekici kamyonlarla yapılan yol testlerinde, aracın girdiği viraj yönünde savrulma yapması ve buda sürüş konforunu ve aracın stabilitesini zayıflattığından dolayı viraj denge çubuğunun çapının değiştirilmesine karar verilmiştir. Farklı ağır hizmet tipi çekici kamyonlar incelendiğinde viraj denge çubuklarının yaprak yayların dışından geçerek bağlantı elemanları ile şasiye bağlandığı görülmüştür. Bizim çalıştığımız ağır hizmet tipi çekici kamyonlarda ise bu durumun aksine viraj denge çubuklarının yaprak yayların içinde kalarak bağlantı elemanları ile şasiye bağlanmıştır.

Ağır hizmet tipi çekici kamyonun paketleme sorunu, viraj denge çubuğu kolu ve bağlantı noktalarının değiştirilmesi, viraj denge çubuğu omuz yarıçapının düşürülememe ve viraj denge çubuğu kolunun yaprak yaylarının içinde olması nedeniyle ve ayrıca viraj denge çubuğu tasarımında herhangi bir değişikliğe gidilmesi durumunda aracın ön süspansiyon sisteminde ve direksiyon sisteminde çok büyük değişikliklere sebep olması muhtemel olacağından ve bu da maliyetleri artıracağından dolayı yalnızca viraj denge çubuğunun çapının artırılması ile araç sürüş konforu ve yol tutuşunun iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmada, incelenecek olan ağır ticari sınıf çekici kamyonun sürüş konforunu ve rijitliğini geliştirmek amacıyla ön süspansiyon elemanlarından birisi olan viraj denge çubuğunun (antiroll bar) tasarımı değiştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Viraj denge çubuğunun uygun şekilde bağlanarak ömür testlerinin yapıldığı test düzeneği şekil 1’ de görülmektedir.



Şekil 1. MTS hidrolik piston test düzeneği

Test düzeneği, 200 ve 400 LPM (litre/dakika) debi sağlayabilen iki adet hidrolik pompa, hidrolik servo manifoldları, 8 adet pistonu aynı anda kontrol edebilen kontrolcü ve bir bilgisayardan oluşmaktadır. Deneylerde MTS 2 pistonu kullanılmıştır. MTS 2 pistonunun kalibrasyonları, test sonuçlarının doğru olması için MTS firması tarafından gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan MTS 2 pistonun yer değiştirme ve kuvvet değerleri tablo 1' de görülmektedir.

Tablo 1. MTS'de kullanılan pistonlar

No	**Kapasite**	**Piston**	**Yer değiştirme**	**Kuvvet**
1	50 kN	MTS1	(3-1)	(3-2)
2	50 kN	MTS2	(4-1)	(4-2)
3	50 kN	MTS3	(5-1)	(5-2)
4	50 kN	MTS4	(6-1)	(6-2)
5	250 kN	MTS5	(7-1)	(7-2)
6	250 kN	MTS6	(8-1)	(8-2)
7	50 kN	MTS7	(12-1)	(12-2)
8	250 kN	MTS8	(9-1)	(9-2)
9	250 kN	MTS9	(10-1)	(10-2)
10	50 kN	MTS10	(11-1)	(11-2)

Aşağıda test işlemlerinde kullanılan MTS hidrolik silindirlere gerekli gücü temin eden MTS SilentFlo ™ 515 hidrolik güç ünitesi görülmektedir. MTS SilentFlo ™ 515 güç ünitesinin özellikleri tablo 2' de görülmektedir.

Şekil 2. Hidrolik sisteme güç veren pompa

Tablo 2. MTS SilentFlo ™ 515 hidrolik güç ünitesi değerleri

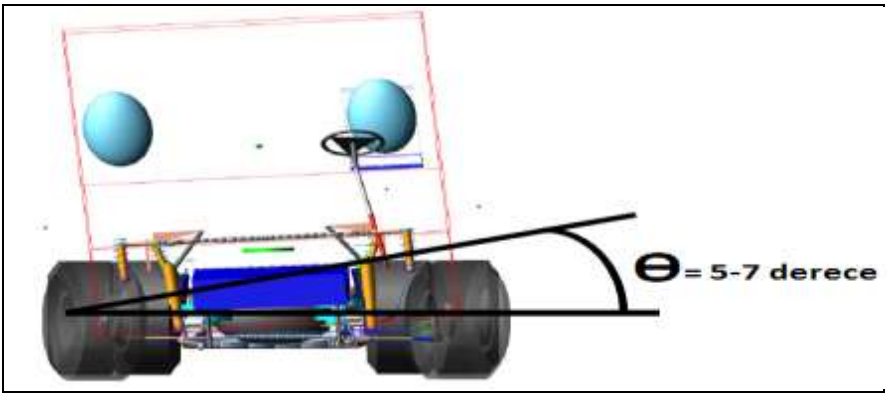
Akış oranı	227lpm (60 gpm)
Gürültü seviyesi	68dB(A)
Kapasite	1,211 L
Genişlik	103,4 cm
Yükseklik	199,4 cm
Uzunluk	287,0 cm
Maksimum yağlı ağırlığı	2835 kg
Motor gücü	45 kW(60 HP)

Deney esnasında ağır hizmet tipi çekici kamyonun ön süspansiyon sizitemindeki bağlantı elamanlarının yer değiştirme miktarını tespit etmek amacıyla deplasman sensörü kullanılmıştır.Yük miktarını ölçmek amacıyla MTS tip loadcell kullanılmıştır.Deney düzeneğinde viraj denge çuğubuna dikey kuvveti uyğulayan MTS 2 tip pistonun yer değiştirme miktarını ölçmek için 244 Serisi Aktüatör üzerine LVDT sabitlenmiştir.Deney düzeneğindeki tüm akışkanların, akışını kontrol etmede MTS 252 seri numaralı servo-valf kullanılmıştır.Bu sensörlerin tamamının kalibre işlemleri gerçekleştirilerek deney işlemlerine geçilmiştir.

Deneylerin ilk aşaması olan yol testi, Ford Otosan yol test parkurun da gerçekleştirilmiştir. İnönü yol test parkuru toplamda 80 km uzunluğundadır.

Şekil 3. Ağır ticari sınıf çekici kamyon test parkuru

Araç test sırasında 30km/h hızla önce çapı 15 metre olan sol yönlü virajı dönmesiyle birlikte oluşan üst kabin atalet momentinden dolayı sürücünün sola savrulma hissiyatının oluşması, aynı şartlarda sağ virajı dönmesiyle sağa savrulma hissiyatının oluşması ölçülmüştür. Ağır ticari sınıf çekici kamyonun üst kabinin sağa ve sola savrulma miktarının 5 dereceyi aşmaması gerekmektedir.



Şekil 4. Ağır hizmet çekici kamyon üst kabinin savrulma açısı

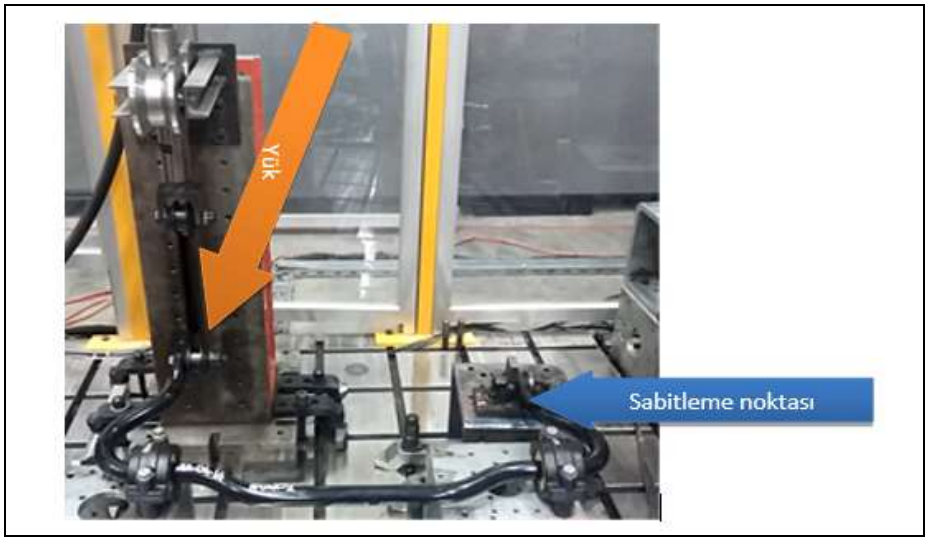
Bununla birlikte ön süspansiyon sistemi elemanlarından olan viraj denge çubuğu üzerine gelen yanal ve dikey kuvvetler, ilgili sensörler tarafından kaydedilmiştir. Kayıt edilen yol verileri bir data haline getirilerek toplanmıştır. Deneylerin bir sonraki aşamasında ise farklı marka ağır ticari araçların karşılaştırması yapılmıştır. Bu yöntemle incelenen farklı ağır ticari sınıf çekici kamyonların viraj denge çubuklarının bağlanma şekilleri incelenmiştir.

Daha sonra yapılan diğer deneyde ise süspansiyon elemanlarının sağlamlık ve dayanaklıklarını ölçmek için yapılan kaldırım (curb) ve çukur (pothole) testleri de gerçekleştirilmiştir. Bu testlerde viraj denge çubuğu ve bileşenlerinin birbirine olan uzaklığı ve paket alanında herhangi bir girişim olup olmadığı kontrol edildi.

Deneyin bir sonraki aşamasında ise . K ve U (Kinematik ve Uygunluk) testi ile viraj denge çubğunun ön süspansiyon sitemine bağlı olduğu durum ve viraj denge çubğunun bağlı olmadığı durumlar için ölçüm alındı. Bu iki değer arasındaki fark viraj denğe çubuğunun araç üzerindeki gerçek rijitlik katkısını ölçülmesini sağlandı.

Şekil 5. Ağır ticari sınıf çekici kamyonun K ve U testi

Deneyin son aşamasında ise viraj denge çubuğu bir noktadan sabit tutularak diğer noktasından ise dikey kuvvet uygulacağı test düzeneğine bağlanmıştır.Bu test ile yuvarlanmaya karşı göstermiş olduğu direnç ölmüştür.



Şekil 6. Yuvarlanma ömür test düzeneği

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar sonucunda, araç süspansiyon ve yönlendirme sistemi parçalarında bulunan viraj denge çubuğu ve bağlantı parçalarının, araç sürüş konforu ve yol tutuşuna etkisi incelenmiştir.

Ağır hizmet tipi çekici kamyonun paketleme sorunu, viraj denge çubuğu kolu ve bağlantı noktalarının değiştirilmesi, viraj denge çubuğu omuz yarıçapının düşürülememe ve viraj denge çubuğu kolunun yaprak yaylarının içinde olması nedeniyle ve ayrıca viraj denge çubuğu tasarımında herhangi bir değişikliğe gidilmesi durumunda aracın ön süspansiyon sisteminde ve direksiyon sisteminde çok büyük değişikliklere sebep olması muhtemel olacağından ve bu da maliyetleri artıracağından dolayı yalnızca viraj denge çubuğunun çapının artırılması ile araç sürüş konforu ve yol tutuşunun iyileştirilmesi hedeflenmiştir

Ağır hizmet tipi çekici kamyon ile yapılan yol testlerinde, üst kabinin savrulma miktarının kabul edilebilir sınırları aştığı tespit edilmiştir. Testler sırasında, yanal ve dikey kuvvetlerin süspansiyon sistemi tarafından yeterince sönümlenemediği, araç üzerine bağlı sensörler ile tespit edilmiştir. Yapılan testler sonucunda alınan verilerin yorumlanması ile birlikte viraj denge çubuğu ve bağlantı elemanlarının iyileştirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Aynı tip farklı marka ağır hizmet tipi çekici kamyonların viraj denge çubukları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda, test edilen aracın viraj denge çubuğu sertlik dayanımının diğer marka ağır hizmet tipi çekici kamyonlara göre düşük olduğu görülmüştür. Tablo 3' de test edilen araçla farklı tip araçların viraj denge çubuğu sertlik danayınımı elde edilmiştir.

Tablo 3. Farklı tip araçların sertlik dayanımları

Sertlik Dayanımı(Nm/deg)	**Test edilen araç**	**A marka araç**	**B marka araç**
Viraj denge çubuksuz sertlik dayanımı	2479	2042	3420
Viraj denge çubuklu sertlik dayanımı	3846	4813	3976
Viraj denge çubuğu katkısı	1367	2771	556

Aracın direksiyon ve sürüş karakteristiklerini iyileştirmek amacıyla, tespit edilen savrulma problemini çözebilmek için çapı 42 mm olan viraj denge çubuğunun önce çapı 43,5 mm daha sonra ise çapı 45 mm'ye çıkartılmıştır. K ve U testi ile aşağıdaki veriler elde edilmiştir. Tablo 4.' de K ve U (Kinematik ve Uygunluk) testi sonuçları görülmektedir.

Tablo 4. K ve U (Kinematik ve Uygunluk) testi sonuçları

K ve U TESTİ SONUÇLARI	**Test edilen araç 220N/mm Yaprak yay+Ø 42 mm Viraj denge çubuğu**	**Test edilen araç 220N 320N/mm Yaprak yay+Ø 45 mm Viraj denge çubuğu**	**A marka araç**	**B marka araç**	**C marka arç**
Sertlik dayanımı	3627	5080	5610	4960	5617
Viraj denge çubuksuz sertlik dayanımı	1357	1632	-	-	-
Viraj denge çubuk'lu sertlik dayanımı	2270	3448	-	-	-

Sonuç olarak; yaprak yay oranı arttıkça sertlik dayanımının arttığı görülmüştür. Viraj denge çubuğu ve viraj denge çubuksuz Benchmark değerleri elde edilememiştir. Viraj denge çubuğu çapı 42 mm'den 45 mm' ye çıkarıldığında sertlik dayanımının 3627 N/mm'den 5080 N/mm' ye çıktığı tespit edilmiştir. Yeni sistemde viraj denge çubuğunun sertliği oldukça artırılmış olup istenilen değerlere ulaşılmıştır.

Viraj denge çubuğu, dikey yönlü kuvvet ile test edilmiştir. Uygulanan dikey kuvvet ile belirli bir çevrim yaptırılmış ve komponentler ile bunların bağlı olduğu braketler de yol testleri öncesinde incelenebilmiştir. İlk aşamada viraj denge çubuğunun çapı 42 mm' den, 43.5 mm'ye çıkarılmıştır. Yapılan analiz ve statik parça testlerinde çapı 43,5 mm'ye çıkarılmış viraj denge çubuğuna dikey yükler uygulandığında viraj denge çubuğu öngörülen minimum 150000 çevrim değerinden önce kırıldığı

görülmüştür. Şekil 7.' de 43,5 mm kesitindeki viraj denge çubuğu kırılma resmi görülmektedir.

Şekil 7. 43,5 mm kesitindeki viraj denge çubuğu kırılma resmi

Bunun üzerine viraj denge çubuğunun çapı 45 mm değerine yükseltilmiştir. 45 mm'ye yükseltilmiş viraj denge çubuğuna aynı testler uygulandığında viraj denge çubuğunun 200000 çevrim üzerinde kırıldığı gözlenmiştir. Bu sonuç öngörülen minimum 150000 çevrimin çok üzerinde olduğundan dolayı viraj denge çubuğu ömür dayanım testini başarı ile geçmiştir. Tablo 5 ve Tablo 6' de 42 mm ve 45 mm çapındaki viraj denge çubuğunun ömür test sonuçları görülmektedir.

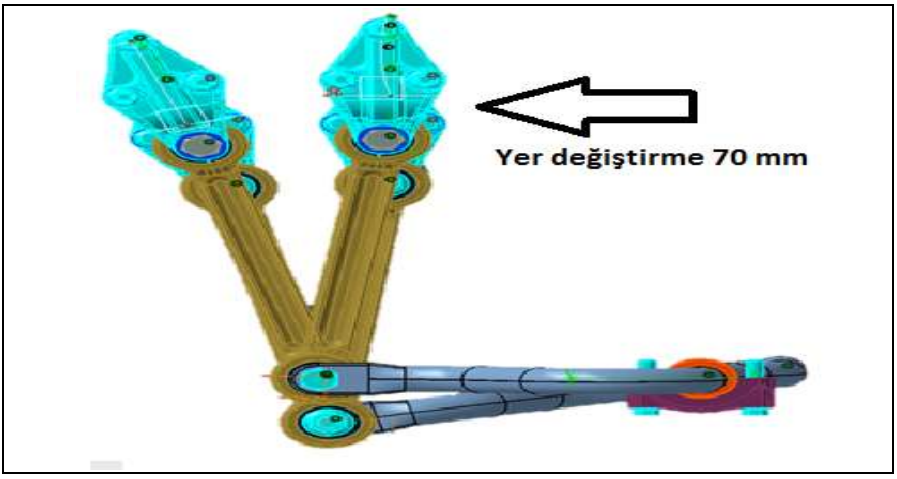
Tablo 5. Viraj denge çubuğu(42mm) ömür çevrimleri ve kırılma lokasyonları

Viraj denge çubuğu(42mm)	Ömür(Çevrim)	Kırılma Lokasyonu
1	19452	Omuz bölgeleri arası
2	27360	Omuz bölgeleri arası

Tablo 6. Viraj denge çubuğu(45mm) ömür çevrimleri ve kırılma lokasyonları

Viraj denge çubuğu(45mm)	Ömür(Çevrim)	Kırılma Lokasyonu
1	98789	Omuz bölgesi
2	14870	Omuz bölgesi

Viraj denge çubuğunun yorulma test sistemine sadece viraj denge çubuğu bağlı olup, diğer kol stabil bırakılmış ve viraj denge çubuğu koluna ± 35 mm yer değiştirmeler uygulanmıştır. Şekil 8' de viraj denge çubuğu yer değiştirme mesafesi görülmektedir.



Şekil 8. Viraj denge çubuğu yer değiştirme mesafesi

Aşağıdaki verilere göre, 5 derece yuvarlanma açısında (70 mm) viraj denge çubuğu rulo sertliği 2168 Nm / derece olarak gerçekleşti. Tablo 7' da viraj denge çubuğu yorulma testi verileri görülmektedir.

Tablo 7. Viraj denge çubuğu yorulma testi verileri

Yer değiştirme (mm)	**Kuvvet (kN)**	**Yuvarlanma Sertliği (Nm/deg)**
40	7,2	2085
50	9,05	2097
60	11	2124
70	13,1	2168

Tüm bu yapılan testler sonucunda viraj denge çubuğunun çapının artırılması ile sürüş konforu ve yol tutuşunda %30 oranın da bir iyileşme sağlanmıştır. Daha iyi bir çözüm önermek gerekirse viraj denge çubuğunun çapının değiştirilmesi ile birlikte viraj denge çubuğu ve bağlantı elemanlarının tasarımlarının da değiştirilmesi(viraj denge çubuğunun yaprak yayaların dışından viraj denge çubuğu linkiyle şaseye bağlanması, şaseye dışardan bağlanmasına engel olan direksiyon sisteminde değişiklik yapılması) sürüş konforu ve yol tutuşunda daha iyi sonuçlarının alınabileceği ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

[1]http://www.ijera.com/papers/Vol4_issue9/Version%204/T4904137140.pdf

[2]https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630705001445

[3] https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/4/1126309/index.pdf.

[4] AY H., Ağir Ticari Çekici Araçlarin Ön Süspansiyonunda Kullanilan Yaprak Yay Tasarimi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Haziran 2018

MgF 2 FİLMLERİN ÖZELLİKLERİ VE UYGULAMA ALANLARI

Arzu Kırak*, Derya Peker, Huriye Zeynep Kakacak

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Eskişehir, Türkiye

Optik İnce Filmler

Optik filmler; tek ya da çok katmanlı uygulamalar, yüzeylerin optik geçirgenlik ve yansıtma özelliklerini etkilerler. Yüksek kırılma indisine sahip olan [Ge, Si, TiO_2, ZrO_2 (zirkonyum dioksit), SiO, CeO_2 (seryum dioksit)] filmler ile düşük kırılma indisine sahip [MgF_2 (magnezyum florür), SiO_2] katmanlar birbirinin üzerine çok katlı uygulanarak farklı optik özellikler elde edilebilir. Örnek uygulama olarak mercekler üzerine yapılan yansıtmasız (AntiRefle) kaplamalar gösterilebilir.

Farklı katmanların değişik kalınlık ve sıralamalar ile biriktirilmesi ile optik filtreler elde edilir. Doğal yoğunlukta veya gri filtreler ışığın tüm dalga boyları için geçirgenliği düşürür. Geniş bant filtre uygulamaları adı üstünde geniş bir spektrumu geçirirken dar bant ya da monokromatik filtreler dar bir dalga boyu aralığının geçmesine müsaade ederler. Geniş bant filtrelerine örnek olarak civa buhar lambalarından morötesi ışınımların yayılmasını engelleyen kaplama gösterilebilir. Dar bant filtrelerine örnek ise fotoğrafçılıkta kullanılan renkli filtreler ya da renkli spot uygulamalarıdır.

Bazı çok katlı uygulamalar, gözlem açısına bağlı olarak değişik dalgaboylarını yansıtırlar; farklı açıdan bakıldığında farklı renklerde görünen bu filmler sayesinde holografik görünüme benzer görünümler elde edilebilmektedir. Bu yöntem sahte ürünleri önlemek açısından güvenlik amacıyla kullanılmaktadır. İnterferans prensiple renklenme sağlayan bu uygulama dekoratif alanda da yaygın kullanım alanı vaad etmektedir.

Düşük kırılma indisine sahip toprak alkali metal florürlerinden olan Magnezyum Florür (MgF_2), en yaygın kaplama malzemesi olarak bilinir. Geniş geçirgenlik aralığı, düşük kırılma indisi değeri (550 nm de n=1,38) ve yüksek mukavemet özelliklerinden dolayı görünür bölgede çok iyi bir AR kaplama malzemesi olarak kullanılır. Düşük kimyasal reaktiflik özelliği de gösteren MgF_2, gözlük camları, güneş gözlükleri, dürbün, mikroskop, teleskop objektifleri, LCD monitörler, TV ekranları gibi optik cihazlara AR kaplama olarak kaplanırlar. Gözlük camlarında ise yansımayı azaltarak daha net bir görüş elde etmek amacıyla genellikle tek katmanlı anti-refle (AR) kaplama olarak yüzeye uygulanırlar. (Kimyasal reaktiflik, bir maddenin kimyasal değişikliklere ya da kimyasal tepkimelere girme eğilimidir.)

Camlara uygulanan kaplamaları yedi sınıfta toplayabiliriz:

1) Antirefle kaplama,

2) Sertlik kaplaması,

3) Su itici kaplama,

4) Ayna kaplama,

5) Renk kaplama (boyamanın bir turu),

6) Fotokromik kaplama (Fotokromik işlemin bir turu),

7) Buharlanma önleyici kaplama.

Antirefle kaplama, yansımaları azaltmak ve merceğin ışık geçirgenliğini arttırmak amacıyla yapılır. Sertlik kaplaması plastik camların yüzeyinin çizilmesini ve aşınmasını önlemek için uygulanır. Mineral camlar zaten sert olduğundan bu kaplama gerekmez. Su itici kaplama camın yüzeyini pürüzsüz ve hidrofobi yapar, böylece camın toz, kir ve leke tutmasını önler. Ayna kaplama estetik amaçla güneş gözlüklerine uygulanır. Renkli veya fotokopi camlar güneşten korunmak ve zararlı UV ışınlarını süzmek için kullanılır. Buharlanma önleyici kaplama camın buharlanarak ışık geçişini azaltmasını engellemek için uygulanan hidrofildik bir kaplama şeklidir.

Antireflektif cam kaplama, yansımayı azaltarak gözlüğün verimini arttırır. Antirefle kaplamalar tek veya çok katlı olarak camın arka yüzüne veya on yüzüne ya da her iki yüzüne uygulanabilir.

Camlar ışığın geçmesini azaltarak cam üzerinde yansımaların oluşmasına sebep olurlar. Yansımalar ise gözlük camını yüzümüzün önünde görmemize sebep olur. Görüntü netliğini azaltır, sisli gösterir ve hayali görüntüler oluşturur. Yansımadan kaynaklanan bu olumsuzluklar, yansımayı önleyen bazı özel kaplamalarla en aza indirgenebilir. Böylece camın saydamlığı ve berraklığı da artırılmış olacaktır. Anti-Reflektif, özel bir işlemle yansımaz hale getirilme işlemidir. Anti-Reflektif cama mikroskopla baktığımızda, yüzeyin parlaklığının gittiğini, pürüzlü olduğunu görürüz. Bu sayede:

- Yansımanın azalması sonucu ışığın geçirgenliği artar ve görüş kabiliyeti yükselir.
- Daha iyi görüntü sağlandığı için bilgisayar ve tv gibi ekranlı cihazlarda kontrastlık sağlar.
- Otomobil sürücüleri için görüşü daha net yapacağı için seyir emniyetini artırır.
- Anti-reflective kaplama basit kimyasal solüsyonlara karşı da dayanıklıdır.
- Yansımayı önlediği için estetik bir görünümü vardır.

Magnezyum florür, optik kaplamalar için en yaygın kullanılan ince film malzemesidir. Geniş iletim aralığı nedeniyle, UV dalga boylarında mükemmel bir tercihtir.

MgF_2 kristalinin geçirgenlik eğrisi

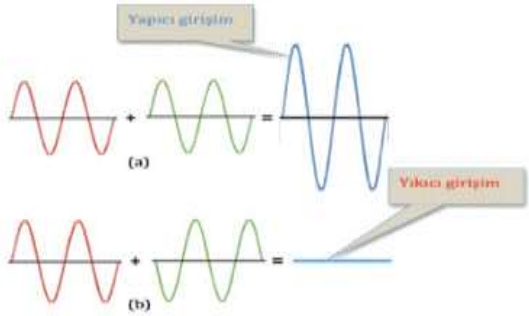
TEMEL ÖZELLİKLER					
PARAMETRE	DEĞER				
OPTİK					
İletim aralığı	0.11 ila 7.5 mikron				
Kırılma indisi	N0 = 1.3836 Ne = 0.955 mikronda 1.3957				
Yansıma kaybı	0.12 mikronda% 11,2 (2 yüzey)				
Restrahlen Peak	20 mikron				
dN / dT	0.4 mikronda +2.3 ve +1.7 x 10-6e / ° C				
FİZİKSEL					
Yoğunluk	3,177 g / cm3				
Erime noktası	1255 ° C				
Termal iletkenlik	27 ° C'de 0.3 W / (m K)				
Termal Genleşme	13.7 ve 8.48 x 10-6e / ° C				
Sertlik	Knoop 415 kg / mm2				
Özgül Isı Kapasitesi, 1700 K'de 298 K'da cal / (g K)	0,24 0,36				
Dielektrik sabiti	4.87 paralel ve 5.45 dik				
Genç Modülü (E)	138,5 GPa				
Kesme Modülü (G)	54.66 GPa				
Toplu Modül (K)	101,32 GPa				
Elastik Katsayılar	C11 = 140.2 C12 = 89.5 C44 = 56.8 C33 = 204.7 C13 = 62.9 C66 = 95.7				
Görünen Elastik Sınır	49,64 MPa				
Poisson oranı	0.276				
KİMYASAL					
Çözünürlük	0 ° C'de <0.0002 g / 100g su				
Moleküler ağırlık	62.32				
Sınıf / Yapısı	Tetragonal, C-ekseni üzerinde bölünebilir				
KIRILMA İNDİSİ					
Dalgaboyu, µm	0.20	0.23	0.27	0.34	0,56
Kırılma indeksi (ne)	1.43	1.42	1.41	1.40	1.39
Kırılma indeksi (hayır)	1.42	1.41	1.40	1.39	1,38

a) Tek kat antirefle (AR) kaplama

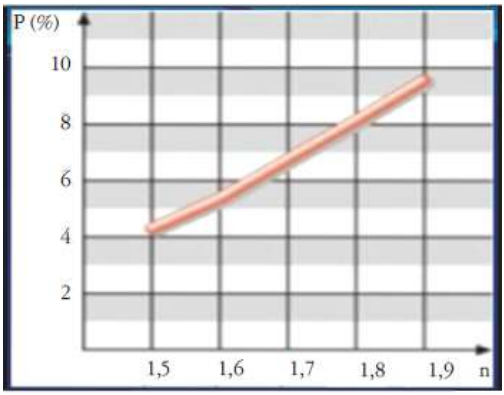
Tek kat antirefle kaplama seçilmiş bir dalga boyu için yapılmaktadır. Genellikle sarı-yeşil (550 nm) bandındaki yansımalar önlenir. Cam mercekler için tek katlı kaplama camın kırıcılık indisinden daima daha düşük indislidir. Kaplama maddesi olarak kırıcılık indisi 1,37-1,38 olan magnezyum flüorür (MgF_2)

kullanılır. Antirefle kaplamanın çalışma prensibi yansıyan iki ışık ışını arasında yıkıcı girişim oluşturmaktır.

Bunu basitçe açıklamak gerekirse, bir dalganın tepesi diğerinin çukuru ile karşılıklı getirilerek (faz ve amplitudleri ayarlanarak) birbirini yok etmesi sağlanır. Bir kaplamanın kalınlığı referans dalga boyunun dörtte biri kadar olursa iki dalga arasında yarım dalga boyu faz farkı olur.



100 nm kalınlığındaki tek kat yansıma önleyici (antirefle) kaplama ile örneğin kron cam (n=1,525) için yansımalar her bir cam yüzeyinde %4,3'den %1,6'ya iner ve ışık gecirgenliği %91,4'den yaklaşık %97'ye çıkar.



Camın kırıcılık indisi arttıkça yansıma oranı da artar.

Tek kat kaplama türünde mavi ve kırmızı yansımalar sürdüğünden cam erguvani bir yansıma yapar. Günümüzde tek katlı kaplama hemen hemen terk edilmiş, yerini çok katlı kaplamaya bırakmıştır.

Organik camlarda ise MgF_2 kullanılamaz, çünkü MgF_2 düşük ısıda cama iyi tutunamaz, organik cam ise fazla ısıtılırsa sararır ve şekli bozulur. Kullanılan kaplama maddesi organik camdan (örneğin CR-39 n=1,5) daha düşük kırma indisli kuartz (n=1,45), yani (SiO_2) silisyum dioksittir. Ancak organik cam ile kuartzın kırıcılık güçleri birbirine yakın olduğu için yıkıcı İnterferans sağlanamaz. Bu yüzden zirkonyum oksit gibi kırıcılık gücü yüksek bir madde ara kaplama malzemesi olarak kullanılır.

b) Çok katlı (Multiple) antirefle kaplama

Gözlük camları, spektrumun geniş bandındaki yansımaları önlemek için 2-3 katlı yansıma önleyici maddelerle kaplanabildiği gibi, 6 kat, 7 kat, 9 kat ve hatta bazı uygulamalarda 11 kat antirefle kaplama ile kaplanmaktadır.

Çok katlı kaplamada farklı kalınlık ve farklı dalga boyunda, camın kırıcılık indisinden hem daha az indisli (kuartz = SiO_2, n=1,45) ve hem de daha yüksek indisli kimyasal bileşikle üst üste kaplanmaktadır. En üste çizilmemesi için genellikle kuartz kaplanır. Plastik camlara aşınmalara ve termal şoklara da dayanıklı çok katlı yansıma önleyici kaplama yapmak icin yuksek kırma gucune sahip cok saf mineral oksitleri bulunmuştur. Bunlar arasında n= 2,35 olan titanyum oksit-TiO_2, n=2,05 olan Zirkonyum oksit-ZrO_2, n=2,18 olan tantalum oksit-$Ta2O_5$ ve neodimyum oksit-$Nd2O_5$ ile prazeodimyum oksit-$Pr2O_5$ karışımlarını sayabiliriz.

Yansımalar çok katlı kaplamanın türüne ve özelliğine bağlı olarak camın her bir yüzeyinde %0,3'den daha aza kadar indirilir ve merceğin ışık geçirgenliği %7 oranında artarak yaklaşık %99'a kadar çıkar. Çok katlı yansıma önleyici kaplamalar spektrumun geniş bir bölümünde etkilidir. Cam hafif eğildiğinde kaplamanın türüne göre üzerinde altın sarısı veya mavimsi-yeşil renkte zayıf ışık yansıması görülür.

Yansıma Önleyici (Antirefle) Kaplama Yöntemleri

a) Basınç altında ısıyla buharlaştırma yöntemi

Mineral camlar için iyi bir antirefle kaplama yöntemidir. Antirefle kaplama için kaplama maddesinin ısıyla basınç (vakum) altında buharlaşması ve mineral camların yüzeyine kaplanması sağlanır. Bu yöntemde kaplama maddesi basınç altında buharlaşarak çok saf bir halde ve homojen olarak cam yüzeyine dağılır ve mükemmel bir şekilde cama tutunur. Tam bir saydamlık sağlanır. Cam ile kaplama arasına hiçbir yabancı madde giremez, boş delikler veya hava kabarcıkları oluşmaz. Kaplamanın refraktif indisi ve kalınlığı istenildiği gibi net bir kesinlikle ayarlanabilir.

b) Basınç altında soğuk buharlaştırma yöntemi

Organik cam ısıya dayanıklı değildir, bu yüzden yansıma önleyici kaplamalar ısı altında yapılamaz. Plastik camlar metal oksitlerin yüksek vakum altında soğuk buharlaştırma yöntemiyle camların üzerine püskürtülmesiyle antirefle kaplanır. Antirefle kaplama yapılacak organik camlar önce özel bir temizlik işleminden geçirilir. Çok katlı yansıma önleyici kaplama yapılmadan önce cam yüzeyine sertlik kaplaması yapılır. Antirefle kaplandıktan sonra da en üst yüzeye su itici, leke ve toz önleyici temizlik kaplaması yapılır.

Yansıma Önleyici Kaplamanın Yararları:

- Gelen ışığın camdan yansıması önlendiğinden camın gelen ışığı geçirgenliği artar ve daha net bir görüntü sağlanır.

- Yansımaların önlenmesiyle televizyon ve diğer ekranlı cihazlarda kontrast artışı sağlanır.
- Sürücülerin daha rahat ve daha net görmesiyle sürüş emniyetini arttırır.
- Yüksek miyoplarda, yüksek indisli cam takanlarda aşırı yansımalar önlenir.
- Bütün gün gözlük takanların yansıma yorgunluğu önlenir.
- Yansımanın önlenmesi sonucu estetik bir görünüm ve diğer kişilerle optimum göz teması sağlanır.

Geceleri araç sürücülerinin gözlüklerinin antirefle kaplamalı olması ve renkli olmaması gerekir. Çünkü kırma gücü 1,5 olan bir camın iki yüzeyinden toplam yansıma %8 oranındadır. Araç camının iki yüzeyinden toplam %8 yansıma ile birlikte araç kullanan bir gözlüklü kişinin karşılaştığı yansımaların toplamı %16 olmaktadır. Bu kişi %10 koyulukta bir renkli cam takarsa gece görüsünü tehlikeye atacak düzeyde bir ışık azalmasıyla karşı karşıya kalacaktır. Zira gece araç kullanırken ışık kaybı oranı %20'yi geçmemelidir.

ORDER PARAMETER OF DOPED NEMATIC LIQUID CRYSTALS

Rıdvan Karapınar*

*Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Department of Polymer Engineering, Burdur, Turkey
E-mail: rkarapinar@mehmetakif.edu.tr

Abstract: The application of nanotechnology to liquid crystal (LC) displays is promising subject. It turns out that the nanoparticles can produce interesting properties in the LCs. Depending on the optical properties of the nanoparticles; the LC material can take on different extraordinary properties. Colloids of ferroelectric nanoparticles in LCs are of a special interest because ferroelectric particles produce a huge electric field which is comparable to intermolecular interaction in LC medium. In this study we discuss the presence of nanoparticles in a LC mixture and determination of the order parameter of pure LC and nanoparticles doped LC samples.

Keywords: Nematic liquid crystal, nanoparticles, order parameter

Introduction

The application of nanotechnology to liquid crystal (LC) devices is an important research area. The nanoparticles produce interesting effects in the LCs. Ferroelectric nanoparticles in LCs are of a special interest because ferroelectric particles produce a huge electric field which is comparable to intermolecular interaction in LC matrix. Thus it leads to an increase of dielectric anisotropy and birefringence and a decrease in the operating voltages of LC displays (Reznikov et al., 2003; Hegmann et al., 2007; Kurochkin et al., 2010). Long-range forces between nanoparticles doped into LC matrices result in colloids. Large (>> μm) colloidal particles form defects in LC matrices due to strong director deformations. But small (<< μm) particles with small concentration such as 2-3% in weight produce a LC suspension. At low concentrations LC colloids appear similar to a pure LC, but have extraordinary properties. These suspensions are rather stable, because the small concentration of nanoparticles does not significantly perturb the director field in the LC (Lopatina and Selinger, 2009; Pereira et al., 2010). In this study we discussed the presence of nanoparticles in a LC mixture and determination of the order parameter of pure LC and nanoparticles doped LC samples.

Material and Method

We used crystals of tin thio-hypodiphosphate ($Sn_2P_2S_6$) for producing of ferroelectric nano-particles. Curie temperature of $Sn_2P_2S_6$ in a macroscopic crystal is $T_{Curie} \approx 66$ °C. The value of dielectric constant of $Sn_2P_2S_6$ along the main axis (ε_{II}) is about 300 in a single domain crystal. Micro-crystals of $Sn_2P_2S_6$ were ground in a vibration micro-mill during 120 h together with an oleic acid as a surfactant. Atomic force microscopy showed that the particle sizes were about 70

nm. The mixture of the nanoparticles with the surfactant was dispersed in a nematic LC, 5CB (T_c = 35 ºC) by ultrasonic mixer making the nematic LC colloid with a volume fraction of the particles, $C_v \approx 0.2$ % (Atkuri et al., 2009; Karapinar et al., 2009).

The LC cells were comprised of two conductive coated glass substrates covered with rubbed polyimide layers. The thickness of the cells were obtained by rod-like polymer spacers of d = 20 μm. The cells were filled with mixture at above clearing temperature, $T>T_c$. Observations of the LC samples under the polarizing microscope showed both pure nematic LC and doped LC cells had uniform planar structures. In order to determine the order parameter of pure LC and colloid, we first measured the spectra of lamp without LC cell and determined the intensity of light as a function of wavelength. Then we measured the spectra of transmitted light of LC cell, thus optical density (D) for all wavelengths of the spectra. An ordinary wolfram lamp was used for the experiment. Then order parameter of LC and colloid in the planar cells were determined. We studied spectra of light transmission for LC cell when director of LC is parallel to polarization of the light. This is called as parallel optical density (A_{II}). For determination of perpendicular optical density ($A_{\perp}$) of the sample, the cells were rotated on the 90 degrees, so that director of LC must be perpendicular to polarization of the light. Order parameter was determined by following formula

$$\bar{S} = \frac{A_{II} - A_{\perp}}{A_{II} + 2A_{\perp}}$$

Results and Discussion

It was observed that ferroelectric LC suspension possess increased of order parameter in comparison with pure LC. The temperature of nematic-isotropic transition also increased in case of doped colloid. Thus, it may be pointed out that the effect of the electric field originated from the polarization of nanoparticles causes an increase in the order parameter of doped LC samples. Typical temperature dependencies of the order parameter of the pure 5CB and the colloid are presented in Fig. 1. Thus, the ferroelectric nanoparticles affect the molecular orientation and results in corresponding changes of order parameter of LC nematic host.

We suggest that the important difference between our results and the results of some other authors is that we used a single-component LC and the others used many-component LC. In our case the only effects from the particles is the increase of the order parameter of LC (increase of T_c) and direct contribution from the particles to the dielectric constant. In the case of many-component LC, one can suggest additional effect that can change dielectric properties. For example, it can be spatial separation of different component on the gradient of electric field produced be the particles. Thus different components have different dipole moment and they will move in the field gradient differently.

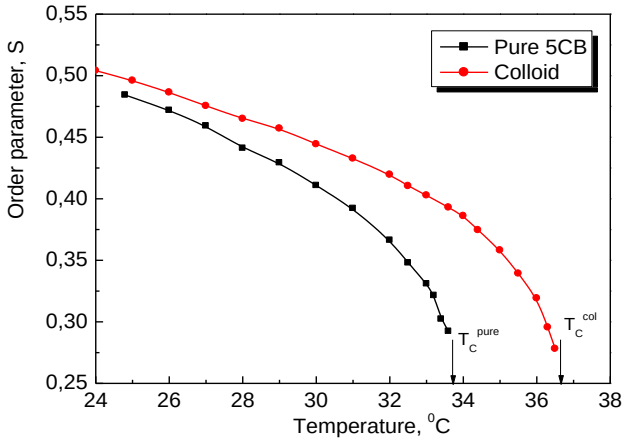


Fig. 1. Variation of the order parameter.

References

Atkuri H, Cook G, Evans D.R, Cheon, C-I, Glushchenko A, Reshetnyak V, Reznikov Y, West J, Zhang K (2009). Preparation of Ferroelectric Nanoparticles for Their Use in Liquid Crystalline Colloids, *J. Opt. A: Pure Appl. Opt.*, 11, 024006- 024011.

Hegmann T, Qi H, Marx V.M (2007). Nanoparticles in Liquid Crystals: Synthesis, Self-Assembly, Defect Formation and Potential Applications, *JIOPM*, 17, 483-508.

Karapinar R, Kurochkin O, Ouskova E, Reznikov Y (2009). Nematic Liquid Crystals Doped with Ferroelectric Nanoparticles, International Conference on Nanomaterials and Nanosystems, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey,10-13 August.

Kurochkin O, Atkuri H, Buchnev O, Glushchenko A, Grabar O, Karapinar R, Reshetnyak V, West J, Reznikov Y (2010). Nano-colloids of Sn2P2S6 in Nematic Liquid Crystal Pentyl-cianobiphenile, *Condens. Matter. Phys.*, 13, 333701, 1-9.

Lopatina L.M, Selinger J.V (2009). Theory of Ferroelectric Nanoparticles in Nematic Liquid Crystals, *Phys. Rev. Lett.*, 102, 197802-1- 197802-4.

Pereira M.S.S, Canabarro A.A, de Oliveira I.N, Lyra M.L, Mirantsev L.V (2010). A Molecular Dynamics Study of Ferroelectric Nanoparticles Immersed in a Nematic Liquid Crystal, *Eur. Phys. J. E.*, 31, 81–87.

Reznikov Y, Buchnev O, Tereshchenko O, Reshetnyak V, Glushchenko, West J (2003). Ferroelectric Nematic Suspension, *Appl. Phys. Lett.*, 82, 1917–1919.

EVALUATING THE PERFORMANCE OF STATE UNIVERSITIES IN TURKEY WITH A TWO-STAGE DEA

Emre Koçak*

**Gazi University, Faculty of Science, Department of Statistics, Ankara, Turkey E-mail: emrekocak@gazi.edu.tr*

Hasan Bal**

***Gazi University, Faculty of Science, Department of Statistics, Ankara, Turkey E-mail: hasanbal@gazi.edu.tr*

Abstract: One of the main concerns in the data envelopment analysis (DEA) developed to measure the relative effectiveness of a number of decision-making units (DMU) is the question of why inefficient DMUs have lower performance than efficient DMUs. In order to solve this problem, different decomposition studies have been made over the years and the separation of production processes, which is one of these studies, has been one of the most used methods. The most well-known of such production processes is the two-stage system, where the process is divided into two parts and is referred to as two-stage DEA in the data envelopment methodology. This study examines the performance of state universities established before 2000 in Turkey and two-stage DEA model was applied. In the first stage of this model used in performance measurement, the performance of postgraduate education of the state universities was measured while in the second stage the scientific and technological research competency performances of the same state universities were measured. The overall efficiency scores of the state universities were calculated with the help of efficiency scores obtained in these two stages.

Keywords: Two-stage Data Envelopment Analysis, University, Postgraduate, Scientific and Technological Research

Introduction

The main task of higher education institutions, which play an important role in raising qualified people in cultural, social, technological and economic fields, the development of a country and the production of knowledge, is to discover and transmit knowledge. Exploration of knowledge is achieved through research, while transmission is achieved through teaching. In this context research universities have been identified in order to target the best in the production, transfer and sharing of

education and information in Turkey in 2017. The selection of these universities is determined through their performance based on certain criteria; such as, scientific publication score, number of citations, number of projects, project budget, number of patents.

Over the years, performance evaluations of universities have been carried out for various purposes in many countries. Johnes (2006) aimed to calculate higher education performances by using technical and scale efficiency using the data of the 2000-2001 universities of 109 universities in England. Liang et al. (2011) established a two-stage network model to examine the activities of 50 universities in China in terms of education and research. Lee and Worthington (2016) established a two-stage network model to examine the effectiveness of 37 universities in Australia in terms of both education and scholarship, and was based on 2004-2011. Yang et al. (2018) examined the production process of 64 research universities in China between 2010-2013 with a two-stage network structure. Xiong et al. (2018), on the basis of the years 2012-2015 in China, examined the efficiency of 17 research universities in two stages under the title of research activities and technology transfer.

The second part of this study, which measured the performance of the established state universities in Turkey before the year 2000, two-stage data envelopment analysis method was described in a detailed way. In the third part of the study, the variables used in the application were introduced and the model established with the help of these variables was analyzed and efficiency scores were obtained. In the last part of the study, the results were interpreted.

Two-Stage Data Envelopment Analysis

Data Envelopment Analysis, one of the nonparametric methods developed by Charnes et al. (1978), shows the extent to which the inputs discussed for each decision-making unit (DMU) turn into outputs, and also compares these DMUs with other DMUs. However, the question arises as to why inefficient DMUs are inefficient compared to effective DMUs. For this reason, studies have been carried out to examine and identify this question. Banker et al. (1984) divides the total effectiveness of a DMU into scale efficiency and technical efficiency product. Byrnes et al. (1984) differentiated the intensity effect from technical efficiency. Kao (1995) transforms total efficiency into the weighted arithmetic mean of the efficiencies of individual outputs.

Another type of decomposition other than these studies is related to the separation of production processes. The resources used in this method, where the whole process is divided into sub-processes, can be defined as output for some sub-processes and input for some sub-processes. The

simplest example of such production processes is the tandem system in which the entire production process consists of two sub-processes connected in series, that is, the process is divided into two parts.

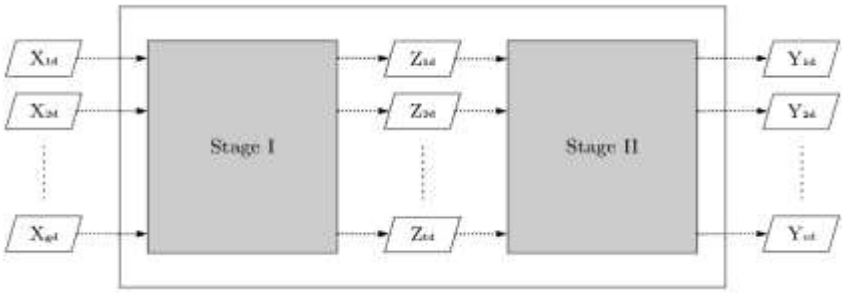


Fig. 1. Production processes

The production process shown in Fig. 1 is called the basic two-stage system, which is also called the two-stage DEA in the data enveloping methodology. In their study, Kao and Hwang (2008) wanted to investigate the variables that caused inefficiencies in a production process in two-stage DEA and developed the related model. In this developed model, a serial relationship has been established between the sub-processes of the general process and the production process, and the overall efficiency is considered as a product of these two sub-processes.

Kao and Hwang (2008) suggested that the production process, where the overall efficiency is E_d and the sub-process efficiencies are E_d^1 and E_d^2 respectively, are expressed as follows.

$$E_d = \sum_{r=1}^{c} \mu_r Y_{rd} \,/\, \sum_{i=1}^{g} v_i X_{id} \leq 1$$

$$E_d^1 = \sum_{p=1}^{t} w_p Z_{pd} \,/\, \sum_{i=1}^{g} v_i X_{id} \leq 1$$

$$E_d^2 = \sum_{r=1}^{c} \mu_r Y_{rd} \,/\, \sum_{p=1}^{t} w_p Z_{pd} \leq 1$$

With the help of these inequalities, there is a relationship between the overall activity and the activities of the two sub-processes, $E_d = E_d^1 * E_d^2$. The characteristic of this model is that the multiplier w_p, which relates to intermediate Z_p as the output of the first stage, must be the same as the

input of the second stage. The models for calculating the overall efficiency and the efficiency of the sub-processes are shown Table 1.

$E_d = max \sum_{r=1}^{c} \mu_r Y_{rd}$	$E_d^1 = \sum_{p=1}^{t} w_p Z_{pd}$	$E_d^2 = \sum_{r=1}^{c} \mu_r Y_{rd}$
$\sum_{i=1}^{g} v_i X_{id} = 1$	$\sum_{i=1}^{g} v_i X_{id} = 1$	$\sum_{p=1}^{t} w_p Z_{pd} = 1$
$\sum_{r=1}^{c} \mu_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{g} v_i X_{ij} \leq 0$ $(j = 1,2,\dots,n)$	$\sum_{r=1}^{c} \mu_r Y_{rd} - E_d \sum_{i=1}^{g} v_i X_{id} = 0$	$\sum_{r=1}^{c} \mu_r Y_{rd} - E_d \sum_{i=1}^{g} v_i X_{id} = 0$
$\sum_{p=1}^{t} w_p Z_{pj} - \sum_{i=1}^{g} v_i X_{ij} \leq 0$ $(j = 1,2,\dots,n)$	$\sum_{r=1}^{c} \mu_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{g} v_i X_{ij} \leq 0$ $(j = 1,2,\dots,n)$	$\sum_{r=1}^{c} \mu_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{g} v_i X_{ij} \leq 0$ $(j = 1,2,\dots,n)$
$\sum_{r=1}^{c} \mu_r Y_{rj} - \sum_{p=1}^{t} w_p Z_{pj} \leq 0$ $(j = 1,2,\dots,n)$	$\sum_{p=1}^{t} w_p Z_{pj} - \sum_{i=1}^{g} v_i X_{ij} \leq 0$ $(j = 1,2,\dots,n)$	$\sum_{p=1}^{t} w_p Z_{pj} - \sum_{i=1}^{g} v_i X_{ij} \leq 0$ $(j = 1,2,\dots,n)$
$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_c \geq 0$ $v_1, v_2, \dots, v_g \geq 0$ $w_1, w_2, \dots, w_t \geq 0$	$\sum_{r=1}^{c} \mu_r Y_{rj} - \sum_{p=1}^{t} w_p Z_{pj} \leq 0$ $(j = 1,2,\dots,n)$	$\sum_{r=1}^{c} \mu_r Y_{rj} - \sum_{p=1}^{t} w_p Z_{pj} \leq 0$ $(j = 1,2,\dots,n)$
	$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_c \geq 0$ $v_1, v_2, \dots, v_g \geq 0$ $w_1, w_2, \dots, w_t \geq 0$	$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_c \geq 0$ $v_1, v_2, \dots, v_g \geq 0$ $w_1, w_2, \dots, w_t \geq 0$

Table 1. Overall and sub-processes models

Here, μ_r: In the second stage, the weight given to the rth output by DMU_d

v_i: In the first stage, weight given to ith input by DMU_d

w_p: In the first stage, weight given to pth output by DMU_d or in the second stage, weight given to pth input by DMU_d

Y_{rd}; In the second stage, rth output produced by DMU_d

X_{id}: In the first stage, ith input produced by DMU_d

Z_{pd}: In the first stage, pth ouput produced by DMU_d or in the second stage, pth input produced by DMU_d

Y_{rj}: rth output produced by DMU_j

X_{ij}: ith input produced by DMU_j

Z_{pj}: In the first stage, pth ouput produced by DMU_j or in the second stage, pth input produced by DMU_j.

Result and Discussion

In this study, the performances of 53 state universities, which were established before 2000 in Turkey, are intended to be measured and used a two-stage DEA. In the first stage of this process, the graduate education performances of the state universities are measured, while the proficiency in scientific and technological research performances of the same state universities are measured in the second stage. The overall efficiency scores of the universities were calculated with the help of the efficiency scores obtained in these two stages.

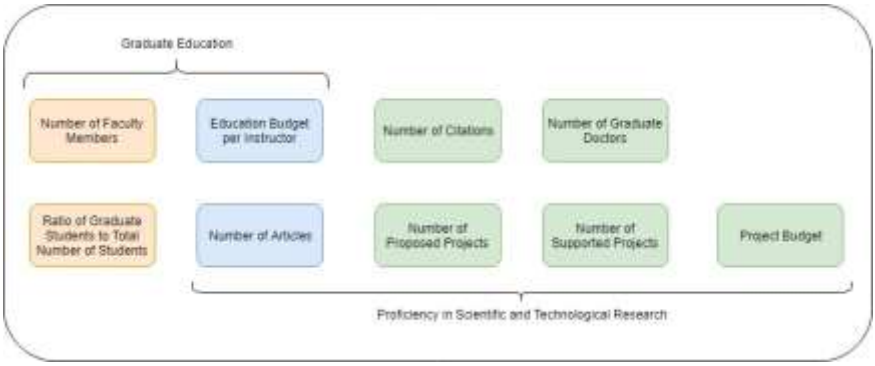


Fig. 2. Production process of the universities

As stated in Fig. 2, the number of faculty members and the ratio of the number of graduate students to the total number of students is taken as input variable while the educational budget per instructor and number of articles were evaluated as outputs in the first stage. The output variables

used in the first stage were used as input variables of the second stage while umber of citations, number of graduate doctors, number of proposed projects, number of supported projects and project budget were used as output variables of the second stage. Descriptive statistics of the variables used in these processes are shown in Table 2.

Variables	*Mean*	*Std. Dev.*	*Min.*	*Max.*
Number of Faculty Members	882.283	500.702	141	2915
Number of Graduate Students	7747.906	6234.14	1567	29618
Total Number of Students	46519.679	23155.192	4659	118579
Education Budget per Instructor (Thousand TL)	324.150	51.421	240.15	500.94
Number of Articles	696	508.517	75	2346
Number of Citations	949.472	834.644	127	3896
Number of Graduate Doctors	98.68	107.816	9	468
Number of Proposed Projects	124	90.687	5	382
Number of Supported Projects	18.491	18.825	1	81
Project Budget (Million TL)	6.391	7.67	0.19	34.87

Table 2. Descriptive statistics

Ranking	*University*	*E0*	*E1*	*E2*	*Ranking*	*University*	*E0*	*E1*	*E2*
1	Gebze Technical	1	1	1	28	Uludag	0.3098	0.4102	0.7552
2	Hacettepe	1	1	1	29	Anadolu	0.3019	0.4112	0.7342
3	Istanbul Technical	1	1	1	30	Gaziosmanpasa	0.2986	0.369	0.8092
4	Izmir Institute of Technology	1	1	1	31	Inonu	0.291	0.4102	0.7095
5	Middle East Technical	1	1	1	32	Galatasaray	0.2861	0.2911	0.9826
6	Istanbul	0.9749	0.9749	1	33	Kocaeli	0.2858	0.3605	0.793
7	Ankara	0.8037	0.8037	1	34	Mimar Sinan Fine Arts	0.282	0.282	1
8	Bogazici	0.7973	0.7973	1	35	Canakkale Onsekiz Mart	0.2767	0.2825	0.9793
9	Gazi	0.7918	0.7918	1	36	Kahramanmaras Sutcu Imam	0.2515	0.2515	1
10	Yildiz Technical	0.6547	0.6547	1	37	Adnan Menderes	0.2431	0.2654	0.916
11	Ege	0.603	0.603	1	38	Manisa Celal Bayar	0.2239	0.3261	0.6865
12	Marmara	0.5856	0.6215	0.9423	39	Pamukkale	0.197	0.3278	0.6009
13	Ataturk	0.464	0.464	1	40	Abant Izzet Baysal	0.1909	0.2894	0.6599
14	Dokuz Eylul	0.456	0.5292	0.8617	41	Yuzuncu Yil	0.1909	0.3467	0.5505
15	Karadeniz Technical	0.4504	0.4504	1	42	Mugla Sitki Kocman	0.1868	0.3018	0.619
16	Erciyes	0.4285	0.48	0.8928	43	Omer Halis Demir	0.1712	0.2426	0.7058
17	Suleyman Demirel	0.3852	0.3852	1	44	Cumhuriyet	0.1708	0.2941	0.5807
18	Cukurova	0.3821	0.5201	0.7347	45	Balikesir	0.1586	0.2207	0.7185
19	Sakarya	0.3699	0.3844	0.9623	46	Dumlupinar	0.1475	0.2886	0.5111
20	Selcuk	0.3654	0.4908	0.7446	47	Mustafa Kemal	0.1397	0.2759	0.5063
21	Akdeniz	0.3629	0.3951	0.9186	48	Dicle	0.1394	0.2901	0.4805
22	Firat	0.3495	0.4321	0.8088	49	Afyon Kocatepe	0.1341	0.2517	0.533
23	Gaziantep	0.3494	0.498	0.7017	50	Kirikkale	0.1286	0.2833	0.454
24	Eskisehir Osmangazi	0.3317	0.4891	0.6782	51	Trakya	0.1212	0.2646	0.4581
25	Mersin	0.3201	0.3836	0.8345	52	Harran	0.1201	0.275	0.4369
26	Ondokuz Mayis	0.3167	0.4131	0.7668	53	Bulent Ecevit	0.1195	0.3233	0.3695
27	Kafkas	0.3108	0.4099	0.7584					

Table 3. Two-stage efficiency scores of state universities

Efficiency scores of 53 public universities are given in Table 3. According to the results of the two-stage DEA, when the graduate education performances of the universities were examined, Gebze Technical University, Hacettepe University, Istanbul Technical University, Izmir Institute of Technology University and Middle East Technical University were identified as efficiency universities. In addition, when proficiency in scientific and technological research performances of universities were examined, Gebze Technical University, Hacettepe University, Istanbul Technical University, Izmir High Technology University, Middle East Technical University, Istanbul University, Ankara University, Bogazici University, Gazi University, Yildiz Technical University, Ege University, Ataturk University, Karadeniz Technical University, Suleyman Demirel University, Mimar Sinan Fine Arts University and Kahramanmaraş Sütçü İmam University were identified as efficiency universities. When the overall performances of the universities were examined; Gebze Technical University, Hacettepe University, Istanbul Technical University, Izmir High Technology University and Middle East Technical University have been identified as efficiency universities.

Conclusions

The performances scores of 53 state universities, which were established before 2000 in Turkey, were obtained by two-stage DEA. When the overall efficiency scores of the obtained universities are ranked, the top 10 universities are Gebze Technical University, Hacettepe University, Istanbul Technical University, Izmir High Technology University, Middle East Technical University, Istanbul University, Ankara University, Boğaziçi University, Gazi University and Yıldız Technical University respectively. Except Yıldız Technical University, these universities are among the universities that are designated as the research universities in Turkey.

References

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, *30*(9), 1078-1092.

Byrnes, P., Färe, R., & Grosskopf, S. (1984). Measuring productive efficiency: an application to Illinois strip mines. *Management Science*, *30*(6), 671-681.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, *2*(6), 429-444.

Johnes, J. (2006). Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of education review*, *25*(3), 273-288.

Kao, C. (1995). Some properties of Pareto efficiency under the framework of data envelopment analysis. *International journal of systems science*, *26*(9), 1549-1558.

Kao, C., & Hwang, S. N. (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. *European journal of operational research*, *185*(1), 418-429.

Lee, B. L., & Worthington, A. C. (2016). A network DEA quantity and quality-orientated production model: An application to Australian university research services. *Omega*, *60*, 26-33.

Liang, L., Li, Z. Q., Cook, W. D., & Zhu, J. (2011). Data envelopment analysis efficiency in two-stage networks with feedback. *IIE Transactions*, *43*(5), 309-322.

Xiong, X., Yang, G. L., & Guan, Z. C. (2018). Assessing R&D efficiency using a two-stage dynamic DEA model: A case study of research institutes in the Chinese Academy of Sciences. *Journal of Informetrics*, *12*(3), 784-805.

Yang, G. L., Fukuyama, H., & Song, Y. Y. (2018). Measuring the inefficiency of Chinese research universities based on a two-stage network DEA model. *Journal of Informetrics*, *12*(1), 10-30.

https://incites.clarivate.com/#/analytics

https://istatistik.yok.gov.tr/

https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/281/ardeb_stat_2018_11.pdf

https://www.yok.gov.tr/Sayfalar/DuyuruDetay.aspx?did=410

ARCHITECTURE / MİMARLIK

SÜRDÜRÜLEBİLİR KIRSAL TURİZMİN ÇEVRE VE TOPLUM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: BİLECİK-TÜRKİYE ÖRNEĞİ

[1]Dr. Öğr. Üyesi Parisa Göker

[1]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bilecik

E-mail: Parisa.goker@bilecik.edu.tr

[2]Dr. Öğr. Üyesi Özlem Candan Hergül

[2]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bilecik

E-mail: ozlem.hergul@bilecik.edu.tr

Özet: Arazi, insan faaliyetlerinin temel mekânıdır. Bu nedenle, insanoğlu var olduğu günden başlayarak arazi ile hep ilişki içinde olmuştur. Küresel yönlendiricilerin etkisiyle (tarım, endüstri, sürdürülebilir kalkınma, kentleşme, ulaşım, vb.) dinamik bir yapıya sahip olan bu ilişki, tarihin farklı dönemlerinde farklı şekillerde varlığını devam ettirmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde bulunan doğal kaynaklar; yanlış ve plansız arazi kullanımı, hızlı nüfus artışı, duyarlı ekosistemlerdeki toprak erozyonu, kıt kaynaklara yönelik çok yönlü talepler, fakir kırsal nüfus, kurumsal desteklerin yetersizliği veya olmayışı vb. nedenler ile baskı altında bulunmaktadır. Bu durum ekolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel sorunların yaşanmasına ve böylece sürdürülebilir kalkınmanın tehlikeye girmesine neden olmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir planlamanın üç bileşeni bulunmaktadır. Bunlar çevresel (ekolojik, fizik, biyolojik), sosyal (demografik, kültürel, kurumsal) ve ekonomik (gelir, finans, kâr) bileşenlerdir. Ağırlıkları ve önemleri farklılıklar arz etmekle birlikte doğal kaynak yönetiminde başarı sağlayabilmek üzere söz konusu bileşenlerin birbirini destekleyecek şekilde devreye sokulması ve birlikte güçlendirilmesi zorunludur. Günümüzde gerek küresel düzeyde gerekse yerel düzeyde mevcut peyzaj kalitesinin korunması, geliştirilmesi ve yönetilebilmesi için en üst noktadan en alt kademeye kadar ekolojik değerlerin ve bilgilerin bütüncül bir bakış açısı ile yeniden ele alınması ve bunların ışığında yeni yasal çerçevelerin oluşturulduğu bir planlama ihtiyacı bulunmaktadır. Kırsal kalkınma; Kırsal alanlarda, sürdürülebilir doğal kaynak kullanımın esas alınması, bir taraftan kırsal kesimin gelir düzeyinin ve yaşam kalitesinin yükseltilmesi yolu ile gelişmişlik farklarının azaltılması amacına yönelen, diğer taraftan çevresel ve kültürel değerlerin korunmasını ve geliştirilmesini gözeten, yerelde farklılaşan sosyal, kültürel ve ekonomik özellikleri, ihtiyaçları, potansiyelleri ve dinamikleri dikkate alarak çok sektörlü yaklaşımla planlanan faaliyetler bütünü olduğu kabul edilmektedir. Bu çalışmada, sürdürülebilir kalkınma ve çevre kavramı arasındaki ilişki teorik olarak

irdelenmiş olup, kırsal kalkınmanın yerel halk, ziyaretçi ve çevre üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kırsal Turizm, Sürdürülebilirlik, Ekoturizm

INFLUENCE OF SUSTAINABLE RURAL TOURSIM ON EVNIRONMENT AND SOCIETY; CASE OF BİLECİK, TURKEY

Abstract: Land is a fundamental site for human activities. Therefore, people have always been in connection with the land, since the beginning of mankind. Having a dynamic structure with the effect of global leaders (in agriculture, industry, sustainable development, urbanization, transportation, etc.), this relation has subsisted under various forms within various periods in history. Natural resources of developing countries are under heavy pressure due to such reasons like incorrect and unplanned land use, rapid population growth, soil erosion in sensitive ecosystems, sophisticated requests towards scarce resources, rural population in poverty, insufficient or zero organizational support, etc. This leads to going through ecological, social, economical and cultural problems, thus jeopardizing sustainable development. The sustainable development & planning comprises three constituents; environmental (ecological, physical, biological), social (demographical, cultural, organizational) and economical (income, finance, profit) constituents. Varying in terms of their importance and weights, it is a must for these constituents to be engaged in a manner supporting each other in order to succeed in natural resource management, and to be strengthened not on an individual basis, but rather all together. Rural development is recognized as overall activities, which are oriented at minimizing the development level differences by means of grounding on the use of sustainable natural resources in rural areas and also improving the level of income & quality of life on one hand, while looking after the protection and improvement of environmental & cultural values, thus being planned through a multi-sectorial approach considering the social, cultural and economical characteristics, necessities, potentials and dynamics that vary on local-scale, on the other. In this study, the relationship between sustainable development and the concept of environment is theoretically examined and the effects of rural development on local people, visitors and the environment are examined.

Keywords: Rural Tourism, Sustainability, Ecotourism

Giriş

Kırsal alan kavramı kırsal turizmin gerçekleştirilmesinde kullanılan esas alan olması sebebi ile kırsal turizmi daha açık anlatmak açısından tanımlanması gerekli olan kavramdır. Ancak kırsal alanların içerdiği sosyo-kültürel, ekonomik, çevresel ve mekansal farklılıkları, çağın değişen

koşullarıyla birlikte yeni anlamlar ortaya çıkarması, kesin bir kırsal alan tanımı yapılmasını zorlaştırmaktadır. Tüm kırsal yerleşimlerin ortak özelliği; ekonominin tarım ve hayvancılığa dayanması, nüfus yoğunluğunun düşük olması, gelir seviyesinin düşük olması, geniş aile yapısı ile sosyal ilişkilerin gelenek ve göreneklere göre yürütülmesidir (Khabbazi, Yazgan, 2012).

Sürdürülebilir Turizm

Sürdürülebilir turizm, doğal kaynakların korunarak kalkınmanın gerçekleşmesini ve turizm gelişiminin planlı temellere dayandırılmasını önkoşul olarak kabul etmektedir. Böylece doğal ve kültürel varlıklar korunurken bölgede ekonomik ve sosyal gelişim de sağlanmaktadır (Rebollo ve Baidal, 2003). Turizm açısından verimli arazilerin planlanarak kullanımı ile turistik destinasyonlarda sürdürülebilir turizm yönetimi uygulamaları hayata geçirilebilmektedir. Bu uygulamalar ile uzun dönemli ekonomik gelişim ve fayda ortaya çıkmaktadır (Mazilu, 2010). Çünkü turistik destinasyonlardaki en büyük sorunlardan biri; turizm paydaşlarının kısa dönemli çıkarlar için kaynakları plansızca kullanıp tahrip etmelerinden kaynaklanmaktadır (Buhalis, 2000). Sürdürülebilir turizm ile birlikte turistik destinasyonlarda meydana gelen ekonomik canlılık iş çeşitliliğini arttıracak, dolayısıyla yerel halkın çalışma şartlarında ve gelirlerinde iyileşmeler meydana gelecektir (Baker ve Cameron, 2008). Böylece, yerel halkın turizmden fayda elde etmesi ile birlikte turizme bakış açısı olumlu yönde etkilenecektir. Bununla birlikte ülkenin ve destinasyonun imajının güçlenmesine katkı sağlanacak, ödemeler dengesi olumlu yönde etkilenecek, turizmin yarattığı çarpan etkisi sayesinde ulusal ekonomik sektörlerin yapısı çeşitlenecektir.

Turizm ve Çevre İlişkisi

Turizm ve çevre ortak bir ilişkiyi simgeleyen kavramlardır. Çevre, bir turizm kaynağı olma özelliğini taşırken, turizmin en önemli etkileri de çevreye olmaktadır. Bu ilişkilerin yaşamsal nitelikte olduğu, turizmin var olması için çevrenin yaşaması gerektiği ortadadır. Genel bir tanımla çevre, insan etkinlikleri ve canlı varlıklar üzerinde hemen ya da uzunca bir süre içinde dolaylı ya da dolaysız bir etkide bulunabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve toplumsal etkenlerin belirli bir zamandaki toplamıdır (Demirtaş, 2013).

Turizmin Fiziksel Çevre Üzerindeki Olumlu Etkileri;

Eğer turizm iyi planlanır ve kontrol edilebilirse, çeşitli yollarla

çevrenin korunmasına ve gelişmesine yardımcı olur. Turizmin çevre üzerine olumlu etkileri aşağıdaki gibidir (Demirtaş, 2013);

- **Önemli doğal alanların korunmasını sağlar:** Birer turistik çekim unsuru olan ulusal ve bölgesel parkların kurulması ve turizmden elde edilen gelirin bu parkların gelişimi için kullanılması, bu alanların turizm dışında alternatif kullanımlarının yaratacağı olumsuzlukları ortadan kaldırır. Bu alanların turizm olmaması halinde başka şekillerde kullanılmaları, çevresel mirasın kaybedilmesine neden olabilecektir. Bu faktör, özellikle doğal kaynakların korunmasında sınırlı ekonomik güce sahip olan ülkeler için önemli faydalar sağlar.
- **Arkeolojik, tarihi yerlerin ve mimari karakterlerin korunması:** Turizm, tarihi yöre anıt ve yapıların restorasyonu ya da iyileştirilmesi yönünden itici bir güç olarak tarihi öneme sahip alanların korunmasına olumlu yönde katkıda bulunmaktadır. Aynı biçimde eski mimari yapıtların yenilenmesi geleneksel ev tipleri korunması turizmin olumlu etkileri olarak sayılabilir. Turizmden elde edilen gelirler bu tür bölgelerin geliştirilmelerine, bakım ve onarımına yardım eder. Özellikle, gelir seviyesi düşük olan ülkeler için turizmden elde edilen gelirler ekonomik açıdan düzenleyici rol oynar. Bazı durumlarda da örneğin Sri Lanka'da olduğu gibi, turistlerden alınan kullanım ücretleri doğrudan arkeolojik araştırma ve koruma giderleri için kullanılmaktadır.
- **Çevre kalitesinin geliştirilmesi:** Turizm; hava, su, gürültü kirliliği, atık ve diğer çevresel sorunların giderilmesinde ve çevrenin korunmasına hız vermektedir. Turizmin hizmetine sunmak amacıyla pek çok ülkede ulusal park, koruma alanları, doğal ve tarihi değerler bulunmaktadır. Bununla birlikte binaların uygun şekilde dizayn edilmesi, bakımı gibi unsurlarla çevre kalitesini artırmaya yardımcı olur.
- **Çevrenin değerini arttırır:** İyi dizayn edilmiş turizm tesislerinin gelişmesi, şehir ve kırsal alanlardaki arazi değerlerinin artmasını sağlar. Eski yapıtların yeni kimlikleri ile bugün de yaşamalarını sağlayacak düzenlemelere gidilmesi özendirmesidir. Eski hanlar, kışlalar, sarnıçlar, kaleler restore edilerek otel, restoran vb. tesislere dönüştürülmektedir. Bu sayede bu yeni düzenlemeler bir turistlik çekicilik sunarken, yapının da ayakta kalması sağlanmış olur.
- **Altyapıyı geliştirir:** Hava alanları, yollar, su ve kanalizasyon, atık sistemleri gibi alt yapının gelişmesini sağlar.
- **Çevresel duyarlılığı arttırır:** Turizmin gelişmesinin koruma için gerekli olduğunun anlaşılması, daha önce çevreye karşı fazla duyarlı olmayan halkın doğal çevre ve onun korunmasında daha duyarlı olmasına yardımcı olur. Çevresel duyarlılığı arttırıcı sivil toplum örgütlenmeleri ve diğer kanallar aracılığıyla yöneticiler üzerinde

yönetsel ve planlamalarla ilgili baskı grupları oluşturulur.

Turizmin Fiziksel Çevre Üzerindeki Olumsuz Etkileri;

Şüphesiz, iyi planlanmadığı takdirde turistik gelişmeler, çevrede olumsuz etkiler yaratır. Bu etkiler, geliştirilen turizm türüne bağlı olduğu gibi, bu gelişmenin boyutuna ve gelişmenin olduğu alanın özelliklerine göre de değişiklik gösterir. Çevrenin taşıma kapasitesine bağlı olan turizm gelişmesinin boyutu, çevresel etkinin boyutunu önemli bir şekilde etkiler. Turizmin çevre üzerine olumsuz etkileri şu şekilde sıralanabilir (Demirtaş, 2011);

- **Su Kirliliği:** Turizm gelişmesindeki en önemli olumsuz etkiler deniz sularında görülebilir. Özellikle turizm sezonunun yoğun olduğu dönemlerde aşırı su kullanımıyla beraber oteller, restoranlar ve diğer turizm tesisleri için uygun kanalizasyon sistemleri oluşturulmadığı takdirde, bu tesislerin atıkları yer altı sularının kirlenmesine neden olur. Motorlu botlar gibi rekreasyonel ve turistik taşıma araçlarının nehir, göl ve deniz gibi yerlerde kullanılmaları, yağ ve gaz sızıntıları gibi nedenlerden dolayı bu suların kirlenmesine de neden olabilmektedir.
- **Hava Kirliliği:** Turizm genellikle "temiz endüstri" olarak kabul edilmesine rağmen turizm amacıyla kullanılan araçların yaratacağı toz, egzoz gibi nedenlerden dolayı hava kirliliğine neden olabilmektedir.
- **Gürültü Kirliliği:** Otomobil, motorlu botlar, kar araçları, uçak gibi araçların çıkardığı gürültü, turist çekim merkezlerine yakın yerlerde yaşayan bölge sakinlerini ve turistleri rahatsız edici seviyelere ulaşabilmektedir. Çok şiddetli gürültü; kulakta hasarlara ve psikolojik strese neden olabilmektedir.
- **Görüntü Kirliliği:** Görüntü kirliliği çeşitli nedenlerden kaynaklanabilir: Bunlardan bazıları şunlardır:
  - Çevrenin mimari ve doğal yapısına uygun olmayan şekilde dizayn edilmiş yapılar,
  - Dış yüzeylerde uygun olmayan yapı malzemelerinin kullanılması,
  - Turistik tesislerin dış görünümlerinin kötü bir şekilde planlanması,
  - Uygun olmayan peyzaj,
  - Elektrik, telefon gibi hatların toprak üstünden geçen tesisatları,
  - Yapılaşmadan dolayı manzaranın engellenmesi, Binaların ve peyzajın kötü bakımıdır.
- **Atık (Çöp) sorunu:** Büyük sayıdaki ziyaretçilerin piknik yapma gibi faaliyetler sonucu oluşturdukları ve çevreye bıraktıkları atıklar; otel, restoran gibi işletmelerin atıkları; birçok hastalık ve kirlilik dahil çevresel bozulmalara neden olabileceği gibi, bu alanların çekici olmaktan çıkmalarına yol açabilmektedir.
- **Ekolojik bozulmalar:** Düzensiz turistik gelişme ve kullanımlardan dolayı çeşitli ekolojik sorunlar oluşabilmektedir. Kolayca

bozulabilen çevrelerin turistler tarafından aşırı kullanılmaları ekolojik hasarlara neden olabilmektedir.

- **Çevresel tehlikeler:** Arazi kullanım planlamasının kötü yapılması ve turistik tesislerin mühendislik dizaynlarındaki hatalar, herhangi bir gelişme türü kadar erozyon, sel ve diğer sorunlara neden olabilmektedir. Bazı durumlarda iyi planlama, doğal afetlerin zararlarından tam bir koruma sağlamasa da etkilerini azaltabilmektedir.
- **Arkeolojik ve tarihi yerlerin tahrip edilmesi:** Hassas arkeolojik ve tarihi yerlerin aşırı ya da yanlış kullanılmaları bu yerlerin yapılarında bozulmalara neden olabilmektedir.
- **Arazi kullanım sorunları:** Havaalanları, marinalar, resort kompleksleri gibi yapılar doğal alanları bozmaktadır. Buda; trafik kalabalığına, yetersiz su ve kanalizasyon atık sistemine yol açar. Aşırı gelişme ve çok sayıdaki ziyaretçilerin baskısı mercan toplulukları, tarihi şehirler, kayak merkezleri gibi hassas doğal ve insan yapımı çevreleri, yaban hayatını ve ekosistemi hasara uğratmakta ve geleneksel mimari ile uyumlu olmayan çirkin binaların ve manzaraların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Turizmin Ekoloji Üzerine Etkileri

Turistleri kullanımına açık olan alanlar genellikle doğal çevreyi tahrip etmekte ve fiziksel dengeyi bozmaktadır. Doğal çevre üzerinde turizm etkileri, flora ve fauna, su, toprak, hava ve gürültü kirliliği, erozyon, doğal kaynaklar ve görsel etki başlıkları ile özetlenebilir (Çelem ve Kılıç Benzer, 2007).

Flora ve Fauna üzerine etkileri

Bir alanın ekolojik dengesinin oluşması binlerce yıl sürmektedir. Ekolojik değeri yüksek nadir, fauna ve flora türlerinin bulunduğu alanlarda turizm gelişmesi için doğrudan kayıplar kaydedilmektedir. Yaban hayatı ve bitki varlığındaki tür çeşitliliği üzerindeki etki ekolojik dengeyi tehdit etmektedir (Çelem ve Kılıç Benzer, 2007).

Turizmin sosyo-kültürel çevre üzerine etkileri

Turizmin sosyo-kültürel çevre üzerine olumlu etkilerini; sosyo-kültürel faaliyetleri desteklemesi, sanat, folklor, festival, tiyatro gibi kültürel faaliyetlerinin kalitesini yükseltmesi, bunların sürdürülmesi için kaynak yaratılması, yerel sanat ve elişleri için piyasa oluşturması, bölgelerin yerel kimliklerini güçlendirmesi olarak özetlemek mümkündür (Özbey, 2005).

Birey üzerindeki etkileri: Uluslararası ve bölgesel kültür etkileşimlerine neden olan turizm bireyde özgür düşüncenin gelişmesine imkân sağlamaktadır. Ayrıca, insanların algılamalarını etkileyerek, kişisel birikimlerini evrensel değerlerle yenileyebilmeleri konusunda önemli bir rol oynar. Turizm sayesinde farklı sosyal ve kültürel yapılara sahip toplumlar birbirleriyle ilişki kurabilmekte, bu ilişkiler sonucu oluşan

etkileşim toplumsal değişimi hızlandırıcı bir rol oynamaktadır (Özbey, 2005).

Aile yapısı üzerindeki etkileri: Turizm, turist kabul eden ülkelerde aile yapısını etkileyebilmektedir. Turizmin, özellikle aile içindeki ilişkiler yanında, kadınların toplum içindeki rollerini ve kadınların özgürleşmesini etkilediği belirtilmektedir. Diğer yandan, bazı görüşler turizmin aile bağlarını güçlendirdiği tezini savunmaktadır. Buna göre, aile bireylerinin çalışması sonucunda parçalanan ailenin tatil ve dinlenme zamanlarında bir araya gelmesiyle, aile bağlarının güçlendiği ifade edilmektedir. Ancak, bu durum daha çok turist gönderen ülkeler için geçerli olmakta; turist kabul eden toplumlarda ise turizmin kuşaklar arasındaki ayrılıkları ve çatışmaları artırdığı düşüncesi kabul görmektedir (Demirtaş, 2013).

Toplum üzerindeki etkileri: Turist kabul eden bir toplumda ziyaretçilerin varlığı, yerel halkın hayat tarzlarını belirgin bir şekilde etkileyebilmektedir. Buna karşılık, ziyaretçiler de, gittikleri ülkelerdeki veya bölgelerdeki kültürel karşıtlıktan etkilenebilmektedirler. Genellikle bu etki faydalıdır ve ziyaret edilen toplumun bazı yaşantı niteliklerine duyulan takdir hislerinin artmasına yol açar (Demirtaş, 2013). Tarihi ve kültürel alanlar turizm için en önemli çekiciliklerdir. Bu alanlardan özellikle arkeolojik alanlar, koruma alanları içerisinde yer almaktadır. Bu alanlarda gerçekleştirilen turizm aktivitelerinin bu değerlere olumsuz etkisi olmaktadır. Toprak erozyonu ile karşılaşılan bir arkeolojik alanda birçok değer yok olabilmektedir. Bu alanlardaki aşırı kullanımlar ve yanlış tarihi eser arama çalışmaları kültürel çevre aleyhine sonuçlara neden olmaktadır. Gelişmenin sosyal etkileri turistler, çalışanlar, yörede yaşayanlar ve çalışmak için yeni göç edenler üzerinde olabilir. Yörede oturanlar turisti gürültü yapan, sokakta kalabalık yaratan, yiyecek fiyatlarını arttıran, yeni davranış biçimleri getirerek gelenekleri ve yerel kültürü yok eden unsur olarak görülebilmekte ya da yerli halk tarafından toleranssız davranışa maruz kalabilmektedirler. Sezonluk turistik olanaklar yeni iş bulmaya gelenler için sezon dışı işsizliğe neden olabilmekte marjinal konuma düşebilmektedirler. Bu konular dikkate alınmalı, doğabilecek olumsuz sonuçları azaltıcı önlemler planlama aşamasında irdelenmelidir (Karaman, 1996). Turizmden kaynaklanan kültürel etki hem insanların davranışları hem de mimari, arkeolojik kalıntıları ve kentsel mirası üzerinde olabilmektedir. Mekanlarda aşırı insan birikimi resim, heykel, mimari ve kentsel mekanları tahrip edici olabilmektedir (Karaman 1996).

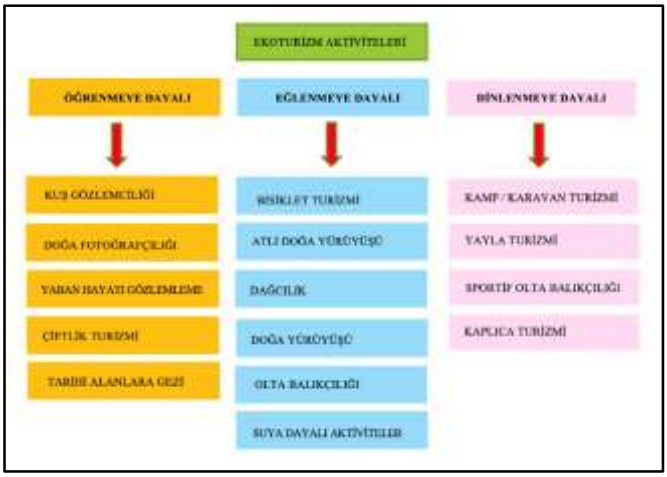
Turizmin ekonomik etkileri

Turizm olayının en önemli yönlerinden biri de ekonomik boyutudur. Turizmin ekonomik etkileri; gelir dağılımının düşük ve adil olmadığı, işsizliğin yüksek olduğu gelişmekte olan ülkeler açısından daha da önem kazanmaktadır. Bu nedenle birçok ülkede ya da bölgede turizmin öncelikle ekonomik yönü üzerinde durulmuştur. Ekonomik etkileri açısından ele

alındığında turizmin sürdürülebilirliği, gerçekleştiği çevrede olumlu ekonomik etkilerini arttırması, olumsuz ekonomik etkilerini ise en aza indirerek uzun vadeli bir gelişmeyi sağlaması bakımından gereklidir. Bununla birlikte ekonomik fayda ve maliyetlerin, herhangi bir alanda turizmin meydana getirebileceği net maliyet ve faydaları bir bütün olarak değerlendirmek için çevresel ve sosyokültürel fayda ve maliyetlerle ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Yapılan araştırmalara göre; turizmden fayda sağlayan insanların, fayda sağlamayanlara göre turizmin ekonomik etkilerini daha çok hissettiklerini, sosyal ve çevresel etkilerini ise daha az hissettiklerini ortaya koymuştur. Yine Hawaii'de yapılan bir çalışma, yöre halkının çevrenin korunmasının çok önemli olduğunun bilincinde olmalarına rağmen, çevrenin iyileştirilmesi için kendi yaşam standartlarındaki bir azalmaya razı olmadıklarını göstermiştir (Demirtaş, 2011). Turizmin gerek döviz kazandırma gerek turistik yatırım ve tüketim harcamalarının çarpıcı mekanizmasıyla gerekse vergi kaynağı olma özelliği ile ekonomide gelir yaratıcı etkisi olduğu bilinmektedir. Bu etki aynı zamanda kısa sürede ve düşük maliyetlerle istihdamı arttırıcı ve bölgeler arası dengesizliklerin giderilmesine ilişkin olumlu etkiler de yaratmaktadır. Küçük firmalar için yararlanma ve fırsatlar ortaya çıkarmaktadır. Sadece turizm faaliyetleri için değil, diğer destekleyici faaliyetler için de teşvik yaratmaktadır. Yerel insanların yaşam standartlarını, başka şekilde elde edilmesi güç olan vergi ve döviz gelirleriyle yükseltmektedir. Restoran, spor tesisleri, yerel taşıma faaliyetlerini, yerel insanların kullanımına sunarak yaşam kalitesini yükseltmektedir (Özbey 2005).

Bulgular ve Sonuç

Çalışma alanının Ekoturizm potansiyelinin belirlenmesinde alanın rekreasyonel olanakları, bitki varlığı, piknik alanları, kültürel ve doğal varlığı, turizm olanakları ile ilgili sorular sorulmuş, analizler yapılmıştır. Anket sorularında Turizm Aktiviteleri üç grupta sınıflandırılarak analiz edilmiştir.



Şekil 1. Değerlendirme Süreci

Araştırma alanında yapılan alan-etüt çalışması ve elde edilen veriler doğrultusunda Bilecik ili ve yakın çevresinde yapılabilecek kırsal turizm/ekoturizm faaliyetleri irdelenmiştir. Bu kapsamda iklim, doğal ve kültürel peyzaj değerleri göz önünde bulundurularak kırsal turizm/ ekoturzim aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- **Doğa Yürüyüşü**

Bilecik İli ve ilçelerinde doğa yürüyüşleri yapılmakta olup gelişime açık gezinti alanları bulunmaktadır. Bu kapsamında örnek trekking rotaları belirlenmiştir;

- Bilecik-Dülgeroğlu-Günyurdu Rotası (43 km)
- Harmankaya Kanyonu Rotası (14 km)
- Bozcaarmut-Kınık Köyü Rotası (10 km)
- Edebali Vadisi Rotası (5 km)
- Göynük-Soğucak Pınar Rotası (23 km)
- Kozpınar-Kaladağ Rotası (12 km)
- Selçuk- Osmaneli Rotası (13 km)
- Sıtkı-Cami Yayla- Erikli Rotası (19 km)

- **Bisiklet Turizmi Rotaları**

Bisiklet turizmi, katılımcılar ve yerel halk için sosyal, çevresel ve ekonomik açıdan katkı sağlayan düşük maliyetli bir turizm türüdür. Genellikle kırsal çevrelerde yapılan bisiklet turizminin ekonomik katkıları çok yerel ölçekte görülmektedir.

Turizm türü ve rekreasyonel faaliyeti olarak bilinen bisiklet etkinlikleri aynı zamanda, kendi içinde farklılaşmaktadır. Bisiklet turizmi uygulamalarını sert (hard) ve sakin (soft) olmak üzere iki başlık altında ele almıştır. Buna göre dağ bisikleti, yüksek düzeyde risk barındıran, fiziksel ve zihinsel zorlanmanın olduğu, teknik yeterlilik gerektiren ve uzak, alışılmadık arazilerde yapılan sert bir macera aktivitesidir. Sakin bisiklet turizmi ise hobi amaçlı bisiklet kullanımı, doğada eğlence amaçlı yapılan turlar ya da küçük işletmelerce organize edilen ticari turlar şeklinde çeşitlendirilebilir. Bisiklet etkinliklerini daha detaylı olarak bağımsız bisiklet turistleri, rekreasyonel bisikletçi, katılımcı etkinlikler, yarışmacı bisikletçi turist ve seyirci olarak pasif katılım olmak üzere beş bölümde ele alınmasını önermektedir. Etkinliğin türüne paralel olarak bisiklet deneyimleri de karmaşıklaşmaktadır (Aşan ve Kozan, 2015).

Bilecik kentinin iklim, topoğrafya ve çevresel koşulları göz önünde bulundurularak her iki bisiklet turizmini de yapma (harf /soft) imkanının bulunduğu görülmektedir. Bilecik il / ilçeler ve köylerinde bisiklet turizmi etkinliği ile ilgili örnek rotalar oluşturulmuştur;

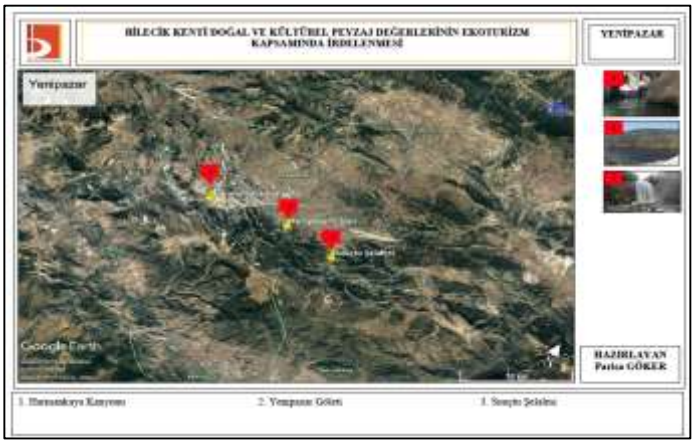
- Gölpazarı-Kavacık-Harmanköy Rotası (49 km)
- Kandilli-Seyitali Köyü-Yürük yayla Rotası (34 km)
- Pazaryeri-Kapaklı-Esemen Rotası (27 km)

Bilecik il ve ilçelerinde yer alan doğal ve kültürel peyzaj değerleri; paftalar 2018-01.BŞEU.07.01 Numaralı BAP projesi kapsamında hazırlanmıştır)

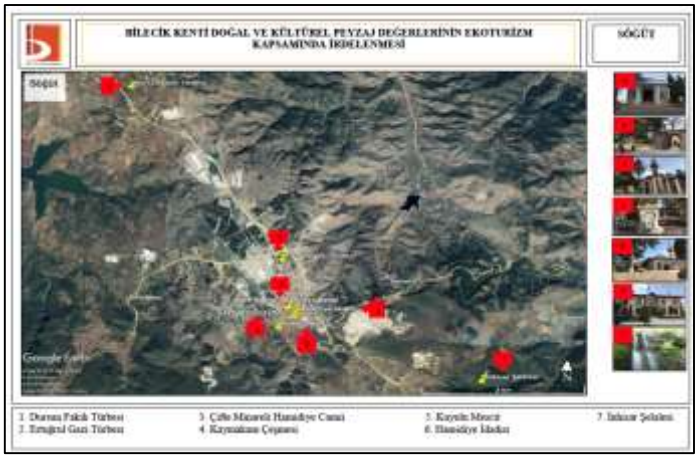
Şekil 2. Bilecik Merkez, Kültürel Değerleri Gösteren Harita

Şekil 3. Bilecik/Osmaneli İlçesi, Kültürel Değerler, Gösteren Harita

Şekil 4. Bilecik Gölpazarı İlçesi, Kültürel Değerleri Gösteren Harita



Şekil 5. Bilecik/Yenipazar İlçesi, Kültürel Değerleri Gösteren Harita



Şekil 6. Bilecik/Söğüt İlçesi, Kültürel Değerleri Gösteren Harita

Şekil 7. Bilecik/ Pazaryeri İlçesi, Kültürel Değerleri Gösteren Harita

Konaklama İmkanları

Bilecik merkezi ve ilçelerde konaklama imkânları bulunmaktadır. Bilecik Merkezde Otel, Polis evi ve öğretmen evi, İlçelerde ise az sayıda otel bulunmaktadır. Ancak bölgede bulunan konaklama imkanları yetersiz olmakla birlikte, kent kimliği yansıtacak ve insanların doğa ile iç içe zaman geçirebilecekleri konaklama imkanlarının planlanması gerekmektedir.

Bilecik Belediyeler Birliği ve BEBKA desteği ile Yrd. Doç. Dr. Metin Çelik'in koordinatörlüğünude "Kırsal Turizm Köyü" projesi gerçekleştirilmiştir. Kırsal turizm uzmanları tarafından Kınık köyünde ev pansiyonculuğu eğitimi verilmiştir. Köydeki bayanlara yatak yapma, oda düzeni, turistlerle doğru iletişim teknikleri, mutfak eğitimleri, pansiyonculuk eğitimleri, hijyen eğitimleri, turistlere sunulacak gelenek ve göreneklerin organizasyonu, satılabilecek yöresel ürünlerin belirlenmesi ve satışa sunumu eğitimleri verilmiştir. Bu sayede gelen turistler hem köyün yerel etkinliklerini ve kültürünü yaşamakta, hem de hijyenik ve düzenli evlerde konaklayabilmektedirler. Bu çalışmanın ilçelerde yer alan diğer köyler de de uygulanması önerilmektedir.

El Sanatları ve Hediyelik Eşya Satışı

Hediyelik eşya alışverişi turistlerin en popüler faaliyeti olup, konaklama ve turistik ziyaretlerde en önemli harcama kategorisinde yer almaktadır. Bölge ekonomisi için önemli bir gelir kaynağı olan el sanatlar ve hediyelik eşya turistler için özel ve sembolik seyahat anılarını taşımaktadır. Kültür bakanlığı portalinden elde edilen bilgiye göre; "Pazaryeri İlçesine bağlı Kınık Köyünde yapılan Kınık Çömlekçiliği Seramik yapımı el sanatlarımızda önemli bir yeri tutmaktadır. Geçen yüzyılın başında Bulgaristan'dan ülkemize göç eden ünlü seramik ustası Şakir AĞA sayesinde seramik yapımı ile tanışan Kınık Köylüleri, 45–50 civarını bulan atölyelerde 120 yıldır bu sanatı gerçekleştirmektedirler". Bilecik il ve ilçelerinde hediyelik eşya satış yerleri bulunmaktadır ancak araştırma kapsamında yapılan alan-etüt çalışmalarında el sanatları ve hediyelik eşya satışının yeterli düzeyde olmadığı saptanmıştır.

Kültürel peyzajı tanımlama ve değerlendirme çalışmalarında alan ile ilgili kullanıcıların algılama biçimlerini değerlendirmek ve alanda sörvey-analiz çalışmalarının yapılması oldukça önemli bir konudur. Alan ile ilgili kullanıcıların bakış açısı ve geçmişten bugüne alanı kullanım biçimlerini değerlendirmek kültürel peyzaj değerlerini tanımlama açısından önemli bir konudur. Bu çalışmada alanda yaşayan insanlara ve alanı ziyarete gelen kullanıcılara ile anket çalışmasının yapılmış olup, arazi gezisi sırasında da sözlü olarak görüşler alınmıştır.

Bölgede ekoturizm faaliyetlerine yönelik yerel haklın ekonomik kalkınma amacı ile bu aktivitelerin gerçekleştirilmesine olumlu görüşlerinin bulunması, iklim ve coğrafi koşulların elverişli olması, tabiat parkları, ormanlar, yaylalar, göl ve göletlerin bulunması nedeni ile Bilecik il ve ilçelerinde ekoturizm faaliyetlerinin gerçekleştirilmesine önem verilmelidir. Bu doğrultuda bölgede ekoturizm kapsamında yer alan sosyal, kültürel, doğal, sportif ve rekreasyonel aktivitelerin uygulanması ve geliştirilmesi amacı ile her bir etkinlik için "Ekoturizm Eylem Programları" hazırlanmalıdır. Hazırlanacak olan eylem planları bölgenin turizm planlamasına entegre edilerek yönlendirici konuma getirilmelidir.

Ekoturizm etkinliği olarak yapılacak eylemlerin ekolojik katkı sağlanması da hedefler kapsamında yer almalıdır. Ekoturizm etkinlik alanları, rotalardaki tüm doğal ve kültürel değerlerin envanteri oluşturulmalıdır. Eylem planının hazırlanması ve gerçekleştirilmesi için ilgili meslek disiplinlerinden oluşan uzmanlar ve ilgili paydaşlar ile çalışmalıdır. Envanter oluşturma çalışmalarında elde edilen veriler sayısal haritalara işlenmeli, veriler çoklu medya biçimleri (Film, fotoğraf, ses vb.) ile belgelenmeli, ortaya çıkan bilgiler GIS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ortamına işlenerek sürekli güncellenmelidir. Sonuç olarak; doğal ve kültürel kaynakların daha iyi korunması, alan ziyaretçiler için gerekli altyapı ve organizasyonların gerçekleştirilmesi, yerel halk ve ziyaretçi yönetimi, pazarlama çalışmalarının yapılması gerekli olduğu belirlenmiştir.

Bilgilendirme: Bu çalışmada Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi 2018-01.BŞEU.07.01 Numaralı Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında elde edilen verilerden yararlanılmıştır.

Kaynakça

Aşan, K. Akdoğan Kozak, M. 2015. Postmodern Turist deneyimi ve Bisiklet Turizmi. IJOESS International Journal Of Eurasia Social Sciences, Vol: 6, Issue: 21

Aliasghari Khabbaz, P. Yazgan M.E. 2012. Kırsal Peyzaj ve Ekoturizm. International Journal of Social and Economic Sciences 2 (2): 5-9

Rebollo, F. V. ve Josep A. Baidal, I. 2003. Measuring Sustainability in a Mass Tourist Destination: Pressures, Perceptions and Policy Responses

in Torrevieja, Spain, Journal of Sustainable Tourism, 11(2), 181-203.

Buhalis, D., 2000, Marketing the Competitive Destination of the Future, Tourism Management, 21(1), 97-116.

Baker, Micheal J., Emma Cameron. 2008, Critical Success Factors in Destination Marketing, Tourism and Hospitality Research, 8(2), 79-97.

Çelem H., Kılıç Benzer A.N. 2007. Bolu- Göynük ve yakın çevresi doğal ve kültürel kaynaklarının ekoturizm açısından değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Kesin Raporu, 293 s, Ankara.

Demirtaş, D. 2013. Toros Dağları'nda kırsal kalkınmada ekoturizm potansiyeli. II. Doğu Akdeniz Turizm Sempozyumu'nda sunulan bildiri, Çukurova Üniversitesi, Karataş Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu, Adana.

Karaman, A. (1996). Sürdürülebilir Turizm Planlaması İçin Ekolojik Bir Çerçeve, Sürdürülebilir Turizm; Turizm Planlamasına Ekolojik Yaklaşım, 19. Dünya Şehircilik Günü Kolokyumu, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul.

Mazilu, M. 2010. "Towards a model of an optimal- sustainable tourist destination" publish in. Proceedings of International Conference: Cultural, Urban and Tourism Heritage, 28-34.

Özbey, R.,F. 2005. Küresellesme Sürecinde Sürdürülebilir Turizm Kalkınması, Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü, Eskisehir.

GELENEKSEL EL SANATLARINDAN SERAMİK ÜRETİMİNİN KIRSAL TURİZM ÜZERİNDE ETKİLERİ; KINIK KÖYÜ, BİLECİK ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Mine Poyraz[1]

[1] Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi Seramik ve Cam Tasarımı Bölümü, Bilecik

E-mail: mine.poyraz@bilecik.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Parisa Göker[2]

[2] Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bilecik

E-mail: parisa.goker@bilecik.edu.tr

Özet: Turizm sektörü dünyada ve Türkiye'de hızla büyümekte olup, kitlelerin talepleri doğrultusunda değişerek, çeşitli alternatif turizm türlerinin ortaya çıkmasını da beraberinde getirmektedir. Turizm talebinde meydana gelen bu değişimler sonucu, özellikle büyük kentlerde yaşayan insanların, kent yaşamından sıkılarak doğayla iç içe zaman geçirme gereksinimleri kırsal hayata yönelik ilginin artmasına neden olmaktadır. Kırsal turizm, "insanların doğal ortamlarda dinlenmek ve değişik kültürler ile bir arada olmak amacıyla bir kırsal yerleşmeye gidip, orada konaklamaları ve o yöreye özgü etkinlikleri izlemeleri ya da katılmalarıyla gerçekleşen bir turizm türü" olarak tanımlanmaktadır. Bilecik, Marmara Bölgesi'nin güney doğusunda; Marmara, Karadeniz, İç Anadolu ve Ege Bölgelerinin kesişim noktaları üzerinde yer almakta, farklı iklim özellikleri, tarihi ve kültürel mirası ile Kırsal turizmin geliştirilmesi bakımından önemli değerlere sahip olmaktadır. Bilecik Pazaryeri İlçesinin Kınık Köyü'nde 120 yıldır geleneksel çömlek yapımı, kırsal turizm aktiviteleri için önemli bir potansiyel barındırmaktadır. Türkiye'de Eskişehir, Manisa, Bilecik, Nevşehir, Avanos, Adapazarı, Bursa, Balıkesir, Menemen, Kütahya, Konya ve Diyarbakır'da Geleneksel El Sanatlarımızdan Seramik çömlek üretimi halen devam etmekte olup, ekonomik kalkınma ve kırsal turizm üzerinde önemli katkı sağlamaktadırlar. Tarihi ve kültürel bir geçmişe sahip olan Kınık köyü çömlekçiliği, halen yerel halk tarafından devam edilmekte olup, köy halkına tarım dışında ikincil bir gelir kaynağı sağlamaktadır. Yanı sıra, turistler için seramik atölyelerinde çömlek yapma deneyimi ve doğal çevre gezileri farklı tecrübeler yaşamaktadırlar. Bu çalışmada; geleneksel el sanatlarının kırsal kalkınma ve kırsal turizm üzerine etkileri irdelenmiştir. Ayrıca çalışma alanı olarak belirlenen Kınık köyünde çömlekçilik sanatın ortaya çıkışı, tarihsel süreç içindeki gelişimi araştırılarak, bu sanatın yerel halk üzerindeki sosyo-ekonomik etkileri ve ekoturizm faaliyetleri kapsamında yerel halk ve ziyaretçiler üzerindeki etki araştırılmıştır. En önemli

konu olarak çömlekçilik sanatının sürdürülebilirliğinin sağlanması ve gelecek kuşaklara aktarılması amacı ile öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Seramik, Çömlekçilik, Kınık Köyü, Sürdürülebilirlik

EFFECTS OF TRADITIONAL CERAMIC CRAFT PRODUCTION ON RURAL TOURSIM; CASE OF KINIK VILLAGE, BILECIK

Abstract: The tourism sector is growing rapidly in the world and Turkey, It changes the demands of the masses and brings about the emergence of various alternative tourism types. As a result of these changes occurring in the demand for tourism, the need of people living in big cities to spend their time in the nature by being squeezed from the city life increases the interest in rural life. Rural tourism, “people go to a rural settlement in order to relax in natural environments and to be together with different cultures, and there is a type of tourism that takes place with the attendance or participation in the activities and the specific activities there. Bilecik city is in the east of the Marmara region; It is located on the intersection points of Marmara, Black Sea, Central Anatolia and Aegean regions. Bilecik has important values in terms of development of rural tourism with its different climate characteristics, historical and cultural heritage. The traditional pottery construction in the Kınık Village of Bilecik Pazaryeri District for 120 years has an important potential for rural tourism activities. In Turkey, Eskisehir, Manisa, Bursa, Nevşehir, Avanos, Adapazarı, Bursa, Balikesir, Menemen, Kütahya, Konya and Diyarbakir the production of ceramic "pottery", which is under the scope of traditional handicrafts, still continues and they contribute significantly to economic development and rural tourism. Kınık village pottery, which has a historical and cultural history, is still being continued by the local people and provides a secondary source of income for the people outside of agriculture. In addition to this, pottery making experience and natural environment trips for tourists are provides different experiences. In this study; the effects of traditional handicrafts on rural development and rural tourism were examined. In addition, the emergence of pottery art in the Kınık village, which was determined as a study area, and its development in the historical process, the socio-economic effects of this art on the local population and the impact on the local people and visitors within the scope of ecotourism activities were investigated. As the most important issue, recommendations have been developed to ensure the sustainability of pottery art and to transfer it to future generations.

Keywords: Ceramic, Pottery, Kınık Village, Sustainability

Giriş

Dünya Turizm Örgütü (WTO)’nün tanımına göre turizm boş zamanın değerlendirilmesi, iş ve diğer amaçlarla her yıl peş peşe olmamak üzere her zamanki bulunulan çevrenin dışındaki yerlerde kalma ve bu yerlere seyahat etme faaliyetidir. Kentsel yerleşim alanları dışında yapılan turizm amaçlı faaliyetler çok farklı kavramlarla ifade edilmektedir. Örneğin kırsal turizm

(rural tourism), eko-turizm (eco-tourism), alternatif turizm (alternative tourism), çiftlik evi tatili (farm house holiday), çiftlik turizmi (farm tourism), tarımsal turizm (agri-tourism), yayla turizmi (highland-tourism) gibi. Bu çalışmada kırsal turizm esas alınmıştır (Özçatalbaş, 2006). Kırsal kesimin kalkındırılması amacıyla on yıllardır plan yapan ve projeler üretip, uygulayan gelişmekte olan ülkelerin, kırsal turizmin kırsal kalkınma içindeki rolünü fark etmekte oldukça geç kaldıkları söylenebilir. Bu nedenle kırsal turizmin kalkınmaya katkısı yeni anlaşılmaya başlamıştır. Bunun sonucu olarak kırsal turizm kırsal kalkınmanın bir aracı olarak değer görmeye başlamıştır. Turizm faaliyeti yalnızca ekonomik değer üreten bir sektör değildir. Bunun yanında karşılıklı sosyo-kültürel etkileşimlerin de yaşandığı bir faaliyettir. Özellikle kırsal kesim, ülkelerin sahip oldukları kültürel değerleri kentsel alanlara oranla en iyi korumakta ve yaşatmakta olan yaşam birimlerdir. Bu değerler ve huzur ortamı hem aynı ülke içinde yaşayan kentsel nüfus (iç turizm) ve hem de özgün kültürel değerleri tanımak isteyen yabancılar için ilgi çekicidir (Özçatalbaş, 2006). "Günümüzde geleneksel Türk el sanatlarının pek çok dalı teknolojinin hızla gelişmesi ve endüstrileşme, değişen yaşam şartları ve değer yargıları gibi nedenlerle eski önemini yitirmiştir". "Bazı el sanatlarının ise, kendi özgün çizgisinden uzaklaşarak yeni üretim biçimleri ile farklı kullanım alanlarına yönelik üretimleri" söz konusudur. "Aynı zamanda, zanaatkâr olarak adlandırılan el sanatı ustalarının sayılarının gittikçe azalması ve bazı geleneksel mesleklerin ve becerilerin yok olması el sanatlarının geleceğini tehdit etmektedir" (Dinçer, 2017).

Seramik; inorganik materyallerin (toprak, kuvars, feldispat gibi) herhangi bir yöntemle şekillendirilip fırınlanması sonucu elde edilen tüm malzemelerdir. Seramik, insanlık tarihinin hiçbir döneminde vazgeçilmeyen, ayrıcalıklı ve doğaya saygılı bir buluş olmuştur. İnsanlığın ilk evrelerinden itibaren günlük yaşama girmiş ve bugüne kadar kullanıla gelmiştir. Dini idollerden, mimari elemanlarına, ev eşyalarından haberleşme ve uzay teknolojisine kadar insanlığın her adımında seramik ürünler ile karşılaşılır. Seramik hamurlarının ana maddesi olan kil, su ile plastiklik kazanıp biçimlendirilebilen, kurutulduğunda karşı direnç gösteren, belli ısılarda pişirilerek sertlik kazanan doğal bir maddedir (Şen, 2010).

Araştırma Bulguları

Çalışmanın bu bölümünde geleneksel el sanatlarının kırsal kalkınma ve kırsal turizm üzerine etkileri irdelenmiştir. Ayrıca çalışma alanı olarak

belirlenen Kınık köyünde çömlekçilik sanatın ortaya çıkışı, tarihsel süreç içindeki gelişimi araştırılarak, bu sanatın yerel halk üzerindeki sosyo-ekonomik etkileri ve ekoturizm faaliyetleri kapsamında yerel halk ve ziyaretçiler üzerindeki etki araştırılmıştır.

Kınık Köyü

Bilecik iline 36 km, Pazaryeri ilçesine 7 km uzaklıktadır. Köyün iklimi, Marmara iklimi etki alanı içerindedir. Köyün ekonomisi çömlekçilik, tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Geçmiş yıllarda hemen hemen her haneden Çömlekçilik yapılsa da artık atölye sayısı azalmıştır. Bu yüzden çömlekçiliği ile meşhur bir köydür. Bilecik ilinin Pazaryeri ilçesine bağlı olan Kınık Köyü; adını Selçuklu Hanedanlığının da mensubu olan "Kınık Boyu'ndan almaktadır. Kınık Köyü, toprak yapısının uygunluğu nedeni ile 1800'lü yılların sonunda Bulgaristan'dan gelen Muhacirler ile seramik sanatını bu yörede uygulanmaya başlanmıştır. Bulgaristan'dan gelen muhacirler, bölgenin toprak yapısından uygunluğu sayesinde köy halkının geçmişte Bulgaristan'dan getirdiği seramik sanatını burada icra etmeye başlamışlar.

Resim 1-2. Kınık Köyü Harita ve Hava Görüntüsü (Göker, Erdoğan, 2019- Earth Pro,2019)

Seramik ve Çömlekçilik

Seramik, "Organik olmayan malzemelerin oluşturduğu bileşimlerin, çeşitli yöntem ile şekil verildikten sonra sırlanarak veya sırlanmayarak sertleşip dayanıklılık kazanmasına varacak kadar pişirilmesi bilim ve teknolojisidir" (Arcasoy,1983). İnsanlığın başlangıcından bugüne, insanlık tarihi kadar eski olan geçmişinde seramik: Neolitik Çağda tarım ve toprağın kullanılmasıyla, insanların yerleşik üretici düzene geçtiği, başlangıçta günlük gereksinimlerini karşılamak amacıyla bir kap sanatı olarak doğmuştur. "Seramik tarihine bakıldığında 'en eski ve en önemli

seramik buluntulara Türkistan'ın Akşava bölgesinde (M.Ö.8000), Filistin'in Jericho bölgesinde (M.Ö.7000) Anadolu'nun çeşitli höyüklerinde (Örneğin Hacılar M.Ö.6000) ve Mezopotamya olarak adlandırılan Dicle ve Fırat nehirlerinin arasında kalan bölgede rastlanmıştır" (Arcasoy,1983).

Resim 3. Çömlekçilik (Anonim 1,2019)

"Anadolu'da toprağın kullanımı, seramik sanatı ve üretimi anlamında dokuz bin yıllık bir geçmişe sahiptir. İnsanoğlu kili ilk şekillendirmeye başladığında önce suyu kullandı, sonra toprağı, sonrada ateşi. Bu üç ana malzemenin bir araya gelmesi insanlık tarihi açısından, yaratıcılığın ve yeteneğin de kullanımı ile seramik sanatının doğumu olarak da tanımlanabilir" (Acartürk, 2017). Seramik formlar temelde insanın günlük ihtiyaçlarını karşılamak üzere ortaya çıkmıştır. Bunlar çanak, çömlek, testi bardak ve benzeri klasik seramik biçimlerdir. Ana işlevleri sıvı ya da katı bir maddeyi taşımak, depolamak, pişirmek, servis etmek olan bu kaplar, süreç içinde ihtiyaca bağlı olarak çeşitlendirilmiştir (Er, 2011). Çömlekçilik, Anadolu'da çok eskiden beri yapıla gelmiş el sanatlarından biridir. Fırınlarda pişirilerek, sırlanan veya sırlanmadan yapılan toprak çanak, çömlek, testi, vazo, küp vb. yapma sanatı olarak tanımlanabilir. Anadolu'da üretilen çömlekler genellikle sulandırılmış çamurla sırlanmakta, çömlekler açık ateşte pişirilmektedir. Günümüzde fonksiyonel olarak yapısı kaybolmaya başlayan, ancak kullanım alanlarında değerlendirilen çömlekçilik sanatı birkaç yörede az sayıda ustasıyla devam etmektedir (Anonim 2, 2019)

Kınık Köyü ve Çömlekçilik

Bilecik'in Pazaryeri İlçesi'nin güneybatısında, bulunan Kınık Köyü, ilçeye 7 km mesafede kurulmuş geçim kaynağı çömlekçilik olan yerel halk, topraktan kül tablası, tuzluk, güveç, mumluk vb. eşyalar yaparak satıp geçimlerini sağlamaktadırlar.

Bulgaristan'dan gelen muhacirler, bölgenin toprak yapısından uygunluğu sayesinde köy halkının geçmişte Bulgaristan'dan getirdiği seramik sanatını burada icra etmeye başlatmışlar. Zamanla çömlekçilik sanatını geliştiren köylüler haklı bir şöhret kazanmışlar. Usta ellerde yoğrulan çamur, yine usta vazolara, biblolara ve testilere göz nuruyla dönüşmüş. Toprak çamura, çamur sanata dönüşen bu köyde 60-70 civarında çamur atölyesi bulunmaktadır (Anonim 3,2019). "100 yıl önce Bulgaristan'dan Şakir Türk adında bir çömlek ustasının Kınık köyüne göç etmesiyle birlikte köylüler yavaş yavaş çömlekçiliği kendilerine uğraş edinmişlerdir. Atölyeler evlerin giriş kısımlarına kurulmuştur. Yapılan işler ise ağırlıklı olarak saksılar ve yörede boduk yada bocuk adı verilen testilerdir (Güner, 1988) Önceleri ayaklı torna kullanarak şekillendirme yapan köylüler 1980 yılında köye elektiriğin gelmesiyle elektirikli tornalar kullanmaya başlamışlardır.1985 yılında köyde Mehmet Can isimli usta pres kullanarak şekillendirme yapmaya başlamıştır" (Çobanlı ve Öney,2007). "Pazaryeri İlçesine bağlı Kınık köyünde 120 yıldır çömlek yapılmaktadır. 120 yıl önce Kınık'ta çömlek yapımına uygun toprak bulan Bulgar göçmeni Şakir usta ile Kınık'ta çömlek yapımı başlamıştır. El tezgâhları ve ayakla çalışan tezgâhlarda çömlek yapımının yanı sıra, günümüzde gelişen teknolojiye uygun olarak da ürünler ortaya çıkarılmaktadır. Halen köyde 27 atölye faal durumda olup, yaklaşık 170 Kınıklı vatandaş geçimlerini bu sayede sağlamaktadır" (Vatan, 2007).

Resim 4-5. Kınık Köyü Genel Görünüm ve Çömlek Uygulaması (Orijinal, 2018)

Köyde kullanılan çömlekçi çamuru, önceleri köyün 1 Km kadar karşısında bulunan yamaçtaki topraktan elde edilmekte ve köyde bulunan tüm atölyeler pişme rengi kırmızı olan bu topraktan yararlanmaktaydı.

(Çobanlı, Öney,2007). Köyde bulunan topraktan hazırlanan çamurlar yoğrularak çömlekçi çarkında şekillendirilmektedir. Tornada şekillendirilen Saksı testi Güveç Sürahi Vazo gibi ürünler, siyah, beyaz ve renkli astarlarla Kınık köyünde kullanılan Bayrak ve Selvi dekorları uygulanarak, raflarda kurutulmaktadır.

Resim 6-7. Kınık Köyü Çömlek Atölyesi ve Çömlek Fırını (Orijinal,2018)

Köydeki evlerin arka taraflarına baktığınızda geniş avlular, odunlu pişirimin yapıldığı fırınlar, yapılan çömlekleri kurutmak için bahçeye yerleştirilen raflar görülmektedir. Çömlekçiliğin ilk yapıldığı yıllarda Kınık çamurundan saksı, “boduk” veya “bocuk” adı verilen testiler bol miktarda yapılıyordu. Günümüzde ise sipariş üzerine çalışılıyor ve her türlü mutfak ekipmanları (tabaklar, kaseler, bardaklar, neskafe ve kahve fincanları, tencere, çaydanlık, cezve vb.) süs ve hediyelik eşyalarının yapımı yaygındır (Anonim 4, 2019).

Resim 8-9. Kınık Köy Evleri Kuruma Aşamasında Olan Çömleklerden Görünüm (Orijinal,2018)

Toptan ve perakende alışveriş olanakları bulunan köy Türkiye'nin ilk çömlekçilik araştırma ve uygulama köyü olarak da hizmete başlamış durumdadır (Anonim 5, 2019). "Köy halkı gayet sıcakkanlı ve misafirperverdir. Bu misafirperverliklerini her yıl Temmuz ayının ilk haftası sonunda "Çömlekçilik Şenliği" düzenleyerek göstermektedirler. Şenlikte, çömlek ürünleri stantlar açılarak sergilenmektedir. Şenliğe ülkenin çeşitli yerlerinden seramikçiler de katılmaktadır. Ayrıca Kınık Köyü Çömlekçilik ve El Sanatları Derneği'nin girişimleri ile Üniversitelerin Güzel Sanatlar Fakülteleri'nde okuyan öğrenciler için yaz stajı niteliğinde "Çömlekçilik Eğitimi" düzenlenmektedir (Pazaryeri Kaymakamlığı, pazaryeri.gov.tr, 21 Mart 2017'de erişildi)" (Vatan,2017).

Kırsal Turizm ve Kınık Köyü

"Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de turizm sektörü hızlı bir şekilde büyümekte ve çeşitlenmektedir. Turizmin kitlesel bir olgu haline gelmesi, tepkisel olarak alternatif turizm türlerinin ortaya çıkmasını da beraberinde getirmiştir. Alternatif turizm türleri içerisinde değerlendirilen agro-turizm, kırsal nüfusun giderek azaldığı gelişmekte olan ülkelerde, kır nüfusunu koruyabilecek önemli bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Kırsal nüfusu hızla azalan Bilecik'te, agro-turizm geliştirilebilirse; kırsal kalkınmaya destek sağlayarak, önemli bir istihdam alanı olacak ve yöre halkının ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır. Bilecik'in, İstanbul, Kocaeli, Bursa, Sakarya ve Eskişehir gibi büyük şehirlere yakın olması önemli bir avantaj olarak görünmektedir" (Kılıç, Başkaya, 2018).

Resim 10. Kınık Köyü Kırsal Turizm (Anonim 6, 2019)

"Bilecik'te yerel turizm paydaşların öne çıktığını düşündüğü kültürel değerlere bakıldığında Pazaryeri İlçesi'nde bulunan Kınık Köyü ön plana çıkmaktadır. Kınık Köyü'nde gerçekleştirilen çömlekçilik sanatı günümüzde hala icra edilmektedir ve ilin önemli kültürel değeri olarak yaşamaya devam etmektedir" (Vatan, 2018).

"Bilecik Pazaryeri İlçesinde Kırsal Turizm çalışmalarına örnek olacak çok güzel çalışmalar yapılmıştır. Valiliğin destekleriyle Kaymakamlık Köylere Hizmet Götürme Birliğince Küçükelmalı Köyünde park ve spor tesisleri yapılmış, köylerimizde bulunan ve kullanılmayan okul ve sağlık evleri izci kampları ve doğa sporları merkezlerine dönüştürülmüştür. Bu yerlere özellikle yaz aylarında çevre illerden ve İstanbul'daki okullardan izci grupları gelmekte, çok güzel günler geçirmektedirler. Küçükelmalı, Bozcaarmut, Dereköy ve Kınık Köyüne gelen yerli ve ya-bancı turistler doğa ile iç içe yaşamaktadır. Yürüyüş parkurunda yürümek, balık tutmak, tenis, voleybol, futbol oynamak, ata binmek, orman içinde piknik yapmak büyük keyif vermektedir. Kınık ve Dereköy köylerindeki el sanatları (çömlekçilik-ağaç işlemeciliği) atölyelerini gezip ustalarını izlemek de ayrı bir güzelliktir" (Erdoğan, 2002). Kınık Köyü, Bilecik Belediyeler Birliği'nin organizasyonu ve Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı'nın (BEBKA) mali desteğiyle, kırsal turizm köyü haline getirilerek turizme kazandırıldığı bilinmektedir. Yeni düzenlemelerle birlikte, pansiyona çevrilen bazı köy evlerinde konaklamak mümkün hale getirilmiş, Turistlerin konaklayabilecekleri şekilde yeniden düzenlenen köy evlerinde profesyonel hizmet verilmesi planlanmaktadır. Kırsal turizm köyüne dönüştürülen ve konaklama imkânlarının da oluşturulduğu Kınık'a gelen

turistler, köy hayatını yerinde tecrübe ederek, Günü köy evlerinde uyanarak karşılama imkânına sahip olacaklardır. Turistler, sabah kahvaltıları için yumurta, bahçeden taze sebze ve meyve toplayabilecek. İsteyen köylülerle birlikte inek gütmeye gidebileceği gibi, inek sağmayı da deneyimleyebilecek imkânlara sahip olacaklardır (Anonim 7, 2019)

Sonuç

Başlangıçta besinleri muhafaza etmek için bir kap sanatı olarak doğan seramik geçmişte pek çok kültürde ilk örneklerini vermiş insanlığın gelişmesi ile küçük atölyelerde kap kacak mutfak eşyaları, vazolar, çanaklar, tabaklar, gibi geleneksel formlarda üretimler yapılmış, büyü ve din etkisi ile seramik heykellere dönüşmüştür. Elle ve tornada şekillendirilen seramikler, Endüstri devriminin etkisi ve teknolojik gelişmeler sonrası bir sanat ve bilim dalı olarak günümüze kadar ulaşmıştır.

Çömlek, çamur haline getirilen killi toprağın elle ya da çömlekçi çarkında şekillendirilmesiyle günlük kullanıma yönelik seramikten üretilen testi, vazo, küp gibi eşyalar olarak tanımlanmaktadır. Geleneksel el sanatlarından biri olan çömlekçilik Eskişehir, Manisa, Bilecik, Nevşehir, Avanos, Adapazarı, Bursa, Balıkesir, Menemen, Kütahya, Konya ve Diyarbakır olmak üzere Ülkemizin pek çok bölgesinde çömlekçilik yapımına devam edilmekte bazı yörelerde kaybolma tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır. Bilecik ili Kınık köyü ‘ Toprağın sanata döndüğü köy ‘ olarak yüzlerce yıldır çömlekçilik geleneğini sürdürmektedir. Çömlek yapımı ile ünlü Kınık köyü, her yıl yapılan çömlekçilik şenlikleri ve köy evlerinin konaklanabilecek hale getirilmesi ile kırsal turizm köyüne dönüştürülerek geniş kitlere duyurmaya çalışmaktadır. Kırsal kalkınma ve Eko turizm aktiviteleri kapsamında Kınık Köyü Çömlekçilik sanatının Ülke çapında tanıtımı yapılarak sürdürülebilirliğinin sağlanması ve bu doğrultuda yöre halkına ekonomik ve sosyal açıdan kazanç sağlayarak unutulmaya yüz tutmuş el sanatlarımızın sürdürülebilirliğinin devamlılığının sağlanması büyük önem taşımaktadır.

Kaynakça

Anonim 1. – 2.http://aregem.kulturturizm.gov.tr, 2019

Anonim 3. http://www.kinikkoyu.info/tarihce/, 2019

Anonim 4. https://www.bugunkocaeli.com.tr, 2019

Anonim 5. https://www.kulturportali.gov.tr, 2019

Anonim 6. https://ilkha.com/haber/13169/kirsal-turizm, 2019

Anonim 7. http://www.bilecikolay.com/guncel/kirsal-turizm, 2019

Arcasoy, A. (1983) Seramik Teknolojisi, s.1-2 Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, İstanbul

Acartürk, B. (2012) Toprağın Bin Yıllık Macerası, Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi, Yıl IV, Sayı 1, Ocak 2012 “Kültürümüzde Toprak”

Er, A. C. (2011) Seramikte İşlevsel Simge Biçimlerinin Araştırılması ve Plastik Biçim Olarak Çömlekçi Çarkında Üretilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Seramik Ana sanat Dalı Sanatta Yeterlilik Tezi, İzmir.

Erdoğan, S. (2002). Kırsal Kalkınma Turizminin Rolü, Türk İdare Dergisi, Sayı: 435, 197-204

Çobanlı, Z. Öney, G. (2007) Anadolu da Türk Devri Çini ve Seramik Sanatı, Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, Ankara.

Göker, P. Erdoğan, E. 2019. Bilecik Kenti Kültürel Peyzaj Değerlerinin İrdelenmesi. Euroasia Journal of Social Science and Humanities.Vol.7

Güner, G. (1988) Anadolu da yaşamakta olan ilkel çömlekçilik, Ak Yayınları Kültür Serisi: 16-5.

Kılıç, T. Başkaya, Z. (2018) Bilecik İlinin Agro Turizm Potansiyeli, lnternational Journal of Geography and Geography Education (IGGE) sayı :38

Özçatalbaş, O. (2006). Türkiye’de Kırsal Turizm Potansiyeli ve Geliştirilmesi. Turizm ve Mimarlık Sempozyumu (28-29 Nisan), Bildiriler Kitabı, Antalya s

Dinçer M.Z., İstanbullu Dinçer F.F., (2017)."Türkiye’de Kırsal Turizm Alanlarında Animasyon Hizmetlerinin Değerlendirilmesi", Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Bilimler Dergisi, vol.7, pp.18-25, 201.

Şen, D. S. (2010). Turizmin Çevresel Etkileri ve Bir Çözüm Olarak

Ekoturizm. Mersin: Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Vatan, A. (2007) Bilecik İlinin Turizm Envanteri, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 5, Sayı: 53, Eylül 2017, s. 183-205

Vatan, A. (2018) Bilecik'in Turizm Destinasyonu Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Yerel Paydaş Analizi, Journal of Tourism and Gastronomy Studies Vol:6

MEVCUT YAPILARIN İYİLEŞTİRİLMESİNDE AHŞAP MODÜLER / PREFABRİK ELEMANLARIN KULLANILABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Ayşegül Engin Vardar*,
* *Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Kocaeli, Türkiye*
E-mail: aengin@gtu.edu.tr
Cahide Aydın İpekçi**
** *Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Kocaeli, Türkiye*
E-mail: caipekci@gtu.edu.tr

Özet: Mevcut yapıların değişen imar yönetmelikleri ve konfor koşullarını sağlaması için zaman zaman çeşitli bakım ve onarım çalışmaları geçirmesi gerekmektedir. Küresel iklim değişikliği, yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarının kullanımı, hava, su ve toprak kirliliği gibi çevre sorunları nedeniyle yapılan bu iyileştirme çalışmalarının sürdürülebilir olması önemlidir. Dünyada çeşitli ülkelerde sürdürülebilir bir malzeme olan ahşaptan üretilmiş modüler/prefabrik elemanlar yapı kabuğunun iyileştirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ülkemizde ise yapılarda kullanım aşamasında tüketilen enerjinin azaltılması için TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği gereğince çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Bu uygulamalar nedeniyle mevcut yapı stoğunun kabuğu, enerji performansını iyileştirmek için yoğun ve hızlı bir şekilde yenilenmektedir. Bu çalışmada az katlı mevcut yapıların iyileştirilmesinde ahşap modüler/prefabrik elemanların uluslararası kullanımı incelenerek Türkiye' de kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mevcut yapı, sürdürülebilir iyileştirme, yapı kabuğu, ahşap, prefabrik eleman.

Abstract: Existing buildings should be repaired and renewed from time to time in order to meet updated building regulations and comfort requirements. It is important that these refurbishment works are sustainable due to environmental problems such as global climate change, the use of non-renewable energy resources and air, water and soil pollution. In various countries modular/prefabricated components made of wood, which is a sustainable material, are frequently used to enhance the building envelope. In our country, in

order to reduce the energy consumed during the usage phase in buildings, various applications are made in accordance with TS 825 Standard for Heat Insulation in Buildings and Regulation on Energy Performance in Buildings. Because of this applications, the building envelope of the existing building stock is renewed intensively and rapidly to improve its energy performance. In this study, it is aimed to investigate the usability of wooden modular/prefabricated components in refurbishment of existing low-rise buildings in Turkey by means of examining the international usage.

Key words: Existing building, sustainable refurbishment, building envelope, wood, prefabricated component.

Giriş

Yapılar atmosfere karbon salımına büyük ölçüde neden olmaktadır. Yapılı çevre tarafından tüketilen enerji miktarı, tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %40'ından; Avrupa'daki konutlar ise toplam enerji tüketiminin % 27'sinden sorumludur. Bu nedenle şehirler şu anda küresel ekolojik sürdürülebilirlikte hayati bir rol oynamaktadır ve iklim değişikliğiyle ilişkili çevresel etkileri büyük ölçüde azaltma olanağı sunmaktadır. Şehirler nasıl yönetildiklerine bağlı olarak çevresel iyileşmeyi sağlayabilirler(Callegari, Spinelli, Bianco, Serra, & Fantucci, 2015).

Avrupa Bina Performans Enstitüsü (BPIE) tarafından yayınlanan bir çalışmada, iyileştirme AB inşaat sektörü için 2050 dekarbonizasyon hedeflerine ulaşılmasında kilit rol oynamaktadır(Mjörnell, Boss, Lindahl, & Molnar, 2014). Mevcut binaların yapı kabuğunun yenilenmesi, Avrupa bina stoğunun neden olduğu çevresel etkileri iyileştirmek ve binaların teknik performansını artırmak için en etkili yollardan biridir(Häkkinen, 2012).

Türkiye'de yapılarda kullanım aşamasında tüketilen enerjinin azaltılması için TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği gereğince yapı kabuğunda çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Bu uygulamalar nedeniyle mevcut yapı stoğunun kabuğu, enerji performansını iyileştirmek için yoğun ve hızlı bir şekilde yenilenmektedir.

Bu çalışmada az katlı mevcut yapıların iyileştirilmesinde ahşap modüler/prefabrik elemanların uluslararası kullanımı incelenerek Türkiye' de kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmaktadır.

Ahşap Yapı Malzemesinin Özellikleri Ve Kullanım Alanları

Ahşap, dünyadaki hemen hemen her ülkede kullanılmaktadır ve özellikle güçlü bir sosyal ve ekonomik değere sahiptir. Bir yapı malzemesi olarak ahşap sürdürülebilir, yenilenebilir ve doğal bir kaynak olarak takdir edilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. Dünya artık karbon kısıtlı bir geleceğe doğru ilerledikçe, bir ürün olarak güzelliği, çok yönlülüğü ve kendine özgü çevresel özellikleri nedeniyle ahşap daha büyük bir takdir görmektedir. Güneş enerjisiyle büyüyen, CO^2 tüketen ve oksijen üreten; yenilenebilen, geri dönüştürülebilen ve biyolojik olarak parçalanabilen; üretimi ve işlenmesi enerji etkin ve inşaatta kullanımı "sera pozitif" olan doğal kaynaklardan elde edilen bir üründür. Sürdürülebilir şekilde yönetilen ormanlardan elde edilen ahşap, tartışmasız mevcut çevre dostu yapı malzemelerinden biridir(Woodard & Milner, 2016).

Türkiye'nin yüzölçümünün %28,6'sı ormanlarla kaplı olup, toplam orman alanı 22,3 milyon hektardır. Ormanlık alanların 11,4 milyon hektarında üretim yapılmakta olup, diğer alanlar su havzası, mesire yeri, milli park sahası, tabiatı koruma alanı vb. olarak koruma altına alınmıştır. Yıllık 31 m3 endüstriyel ve yakacak odun tüketimin yaklaşık %77'si devlet ormanlarından karşılanmaktadır. Talep edilen odunun yaklaşık %15'i özel sektör tarafından karşılanmakta, %8'lik bir oran ise ithal edilmektedir. Sürdürülebilir orman yönetimi çalışmaları kapsamında 2,4 milyon hektar orman alanında FSC (Forest Stewardship Council) orman yönetim sertifikası alınmıştır. Ormanların %11'i sertifikalandırılmış, üretimin de %18'i sertifikalı ormanlardan yapılmaktadır(Sürücü, 2018).

1.1.Masif Ahşap Yapı Malzemesi

Ahşap farklı şekillerde kullanılabilir ancak maliyeti yüksek bir malzemedir. Hücreli ve lifli bir yapıya sahip olduğundan ağırlığı az mukavemeti yüksektir. Taşıyıcı ahşap malzemeler liflerine paralel doğrultuda yerleştirilmelidir. Ahşabın ısıl iletkenliği düşük ve ısı depolama kapasitesi yüksektir. Meşe ve karaçam gibi bazı ağaçlar içinde barındırdığı reçine sayesinde zararlı böceklere karşı dayanıklıdır. Ahşap elemanların davranışları türü ve büyüme koşulları ile doğrudan ilişkilidir. Budaklar ahşap taşıyıcı elemanlarda kusurdur bu nedenle budaklı ahşaplar kaplama ve mobilya yapımında kullanılır. Ahşap elemanların boyutlarına uygun olarak çoğunlukla ahşap karkas yapım tekniği uygulanmaktadır(Hegger, Drexler & Zeumer, 2012).

Ahşap bulunduğu ortamdaki nem ile kendi nem dengesini eşitleyinceye kadar nem alışverişi yapmaktadır. Ahşap, nem doygunluğu olan %30 nem

oranına kadar biçim değiştirmez. Ancak yapı elemanı olarak kullanmak için gerekli olan %16-12(en fazla) nem oranının sağlandığı süreçte şekil değiştirmektedir. Ahşabın kurutulmasında istifleme yöntemi kullanılmaktadır. İstifleme yöntemi kurumayı kolaylaştırmakta ve ağacın eğilip bükülmesini önlemektedir. Ayrıca serin ve gölge yerlerde uzun soluklu kurutma işlemi önerilmektedir(Aşanlı, 2016).

1.2.Endüstriyel Ahşap Yapı Malzemesi

Konut yapımında ana bileşen biçilmiş kereste olsa da daha küçük ve hatta daha büyük işlenmiş ahşap ürünler de kullanılmaktadır. Orta yükseklikteki çok katlı konut, ticaret, kamu ve endüstri yapıları gibi büyük inşaatlarda endüstriyel ahşabın önemli bir uygulama alanı vardır. İşlenmiş taşıyıcı kerestenin ana amacı malzemeleri daha verimli kullanmak olmuştur. Odun lifinin işlenmiş ahşap elemanlar ile I profil kirişlerine yapıştırılarak kullanılması verimliliği arttırmıştır. Aynı boyuttaki masif bir elemanın sadece 1/3 ’ü kadar odun lifi içeren işlenmiş ahşap eleman, masif elemanın %60’ı kadar taşıyıcı özelliğine sahiptir. Ağaçta bulunan budaklar masif elemanların fiziksel özelliklerini olumsuz etkilemektedir ancak işlenmiş ahşap elemanlar da böyle bir sorun yoktur(Milner & Woodard, 2016).

İşlenmiş ahşap elemanlar; atık malzemelerin geri dönüştürülmesine olanak verir, başka malzemeler ile entegre edilebilir, düşük stres seviyelerinin bulunacağı yere konumlandırılarak düşük kaliteli ahşap lifini kullanma olanağına sahiptir. Doğal ve yenilenebilir bir kaynaktan üretilmektedir. Yaşam süresi boyunca karbon tutmaya devam eder. Biçilmiş ahşaba göre daha fazla enerji tüketmesine rağmen çelik ve alüminyum gibi benzer imallere göre üretiminde daha az enerji tüketir. Kolay montajı nedeniyle yapının yaşam süresi sonunda kolayca sökülüp yeniden kullanılabilir. Başka ahşap tabanlı elemanların üretiminde kullanılabilir. Yaşam süresinin sonunda, yeniden kullanılamıyor ya da geri dönüştürülemiyor ise doğaya bırakılabilir ya da biyoyakıt olarak kullanılabilir(Milner & Woodard, 2016).

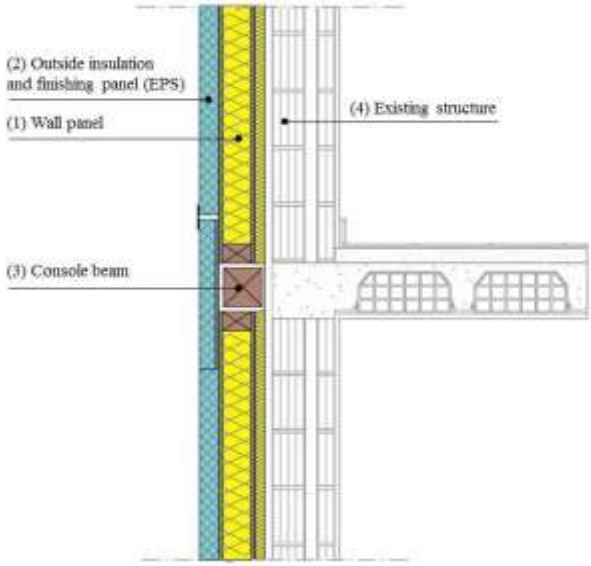
2.Mevcut Yapıların İyileştirilmesine Ahşap Modüler/Prefabrik Eleman Kullanım Örnekleri

Mevcut yapıların iyileştirilmesi sürecinde; yapı kabuğunun yağmur, güneş, nem gibi dış koşullara maruz kalarak hasar görmesi, kullanıcıların günlük hayatlarını ve mahremiyetlerini etkileyebilecek durumlardan sakınmak için geçici bir konak arayışı ile bunun sebep olduğu maliyet ve etkin bir tasarım ile uygulama sürecinin planlanmaması sonucu oluşan ek maliyetler gibi zorluklarla karşılaşılmaktadır(Malacarne et al., 2016).

Dolayısıyla hafifliği, iklime uyumluluğu, kurulum kolaylığı, standart üretimi ve standart uygulaması ile prefabrik/modüler ahşap yapı elemanları bu zorluklara çözüm olabilir(Malacarne et al., 2016).

2.1.Ri.Fa.Re Projesi / İtalya

Parametrik tasarım ilkeleri doğrultusunda genel özellikleri değiştirilebilen, özelleştirilebilir bir prefabrik çözüm geliştirilmesi amaçlanmıştır(Malacarne et al., 2016).



Şekil 1: Ri.Fa.Re. ahşap esaslı çözüm(Malacarne et al., 2016).

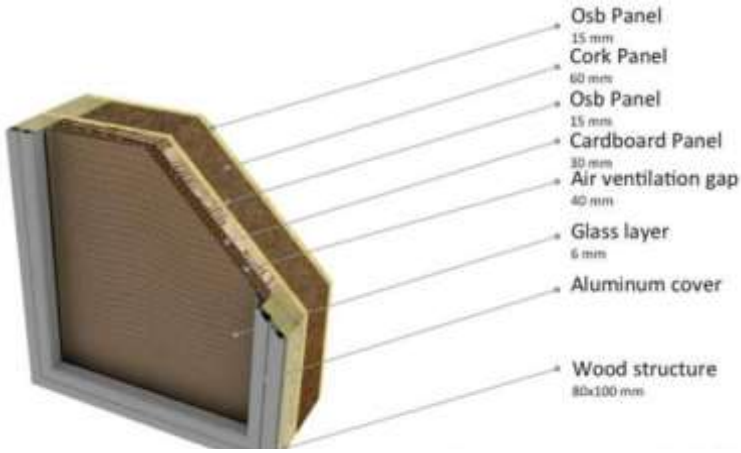
Duvar panellerinin uzunluğu 1.20 m – 12 m, yüksekliği 1.20 m – 3.30 m arasında değişebilir. Duvarlar, geleneksel ahşap çerçeve panellerden farklı olarak döşeme üzerine değil döşemeye tespit edilen ahşap konsol kiriş üzerine oturmaktadır(Şekil 1). Konsol kirişler düşey yükleri mevcut taşıyıcı sisteme aktarmaktadır. Duvar panelinin üzerinde ise aynı şekilde çalışan L çelik profiller bulunmaktadır. Panelleri kullanmanın mümkün olmadığı çatı ve bodrum kat gibi yerlerde geleneksel yalıtım sistemi uygulanmaktadır. Pencere ve gölgeleme elamanları panellerin üretimi esnasında yerleştirilmektedir. Kullanıcının isteğine göre alüminyum ve ahşap gibi farklı malzemelerde pencere sistemleri uygulanabilir(Malacarne et al., 2016).

Yaz mevsiminde soğutma ihtiyacında önemli bir fayda sağlarken kış mevsiminde tüketilen enerjiden %90 tasarruf sağlanabilmektedir. 1200 m2 ısınan alana sahip küçük bir binanın iyileştirmesinde geleneksel yönteme göre inşaat süresinden %70 kazanç sağlanırken maliyet %12 artmakta,

1000 m2 ısınan alana sahip orta büyüklükte bir binanın iyileştirmesinde geleneksel yönteme göre inşaat süresinden %60 kazanç sağlanırken maliyet %20 artmakta ve 3300 m2 ısınan alana sahip büyük bir binanın iyileştirmesinde geleneksel yönteme göre inşaat süresinden %56 kazanç sağlanırken maliyet %18 artmaktadır. Binanın yüksekliği panellerin uygulanmasında önemli bir etken olmaktadır. 5 kat ve üzerindeki yapılarda ekonomik bir risk oluşturmaktadır(Malacarne et al., 2016).

2.2.Naturwall Projesi / İtalya

Söz konusu projede ahşap ve hafif bileşenlerden yapılmış, opak, modüler ve prefabrik bir dikey cephe konsepti önerilmiştir. Binanın enerji performansını ve mimari yönünü iyileştirmeyi amaçlayan mevcut binaların güçlendirilmesine yönelik İtalyan patentli bir projedir(Callegari et al.,



2015).

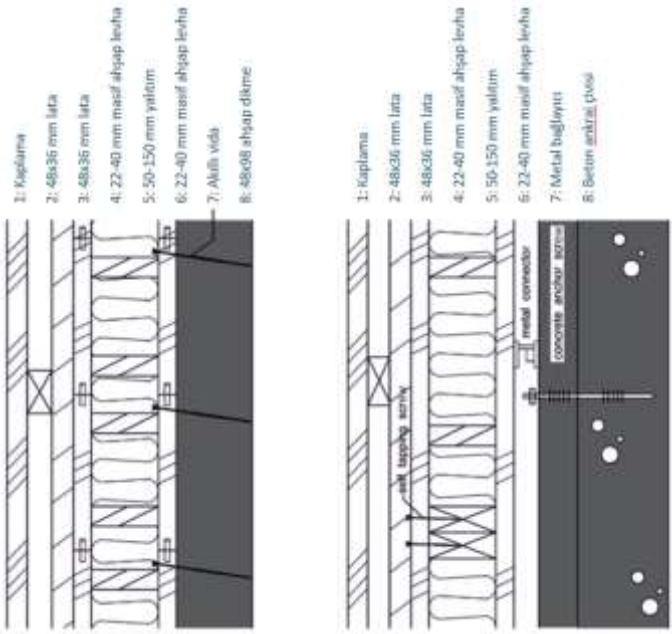
Şekil 2: Sistemin şematik kesiti(Callegari et al., 2015).

Tasarlanan ve test edilen modül, ahşap ve mukavva gibi doğal ve düşük maliyetli malzemelerden oluşmaktadır(Şekil 2). Ahşap bir strüktürü olan modül, katmanlı cam (3+3 mm), doğal havalandırma boşluğu(40 mm), petek yapılı mukavva (30 mm) ve yalıtımlı sandviç panelden oluşmaktadır. Modül mevcut taşıyıcı kirişler arasına döşemeye sabitlenmektedir. Farklı koşullar altında cepheden geçen ısı akışını azaltmayı amaçlayan adaptif bir cephe yaklaşımı benimsenmiştir. Kış aylarında, bina kabuğu güneş toplayıcı olarak kullanılır; camlara çarpan ve petek yapılı mukavva tarafından toplanan güneş ışığından yararlanılmaktadır. Petek yapı, kışın güneş ısısı kazanımlarını en üst düzeye çıkarmak ve yazın gölge sağlamak için kullanılmaktadır. Cephenin düşük ısı geçirgenlik değerleri kış aylarında iyi bir yalıtım sağlandığını göstermektedir. Yaz mevsiminde,

güneş ısısını gidermek için cephe havalandırılmalıdır(Callegari et al., 2015).

2.3.İskandinav Projesi / İsveç – Finlandiya - Norveç

İsveç, Finlandiya ve Norveç işbirliği ile yürütülen projede amaç konutların yapı kabuğunun iyileştirilmesi için endüstriyel ve yalıtımlı ahşap prefabrike sistemler geliştirmektir. Bu iş biriliğinde benzer yapı tipolojileri ve bina yapım süreçlerindeki benzerlikler etkili olmuştur. Ahşap bağlantı çubukları kullanılan küçük lamine ahşap panellerden oluşan yeni cephe elemanı sistemi, cephe katmanlarının sökülerek yeniden yapıldığı geleneksel cephe yenileme çözümleriyle karşılaştırılmış ve iki bina üzerinde değerlendirilmiştir(Sandberg, Orskaug, & Andersson, 2016).



Şekil 3: Ahşap ve betonarme yapılara tespiti(Sandberg et al., 2016).

Modüler duvar sistemi, boyutları 13,5 metreye kadar olan 20 cm genişliğindeki parçalardan oluşan çeşitli ebatlardaki prefabrik elemanlardan oluşmaktadır. Elemanlar, gereksinimlere bağlı olarak küçük elemanlar veya tam duvar yüksekliği için yapılabilir. Ahşap panelin yapısı ahşap, beton ve tuğla yapılara monte edilmesini mümkün kılmaktadır(Şekil 3). Bağlantı çubuklarının uzunluğunu ayarlamak mümkündür; bu nedenle, modüler sistem yüksek düzeyde bir esnekliğe sahiptir. Elemanlar, projeye göre ekonomik ve verimli olacak şekilde yalıtım örtüsü, püskürtme yalıtım veya ikisi ile verimli bir şekilde üretilebilir. Sistem, tek parça olarak, küçük elemanlar, büyük elemanlar veya her üçünün bir karışımı olarak monte

edilebildiğinden, mevcut bina yapısının geometrisine, enerji gereksinimlerine ve toleranslarına göre ayarlanması bakımından esnek ve verimlidir(Sandberg et al., 2016).

2.4.Inspire Projesi / Almanya

Inspire projesinde yenilikçi yapı kabuğu teknolojilerini, enerji üretimini ve enerji dağıtımını kullanan çok fonksiyonlu iyileştirme paketleri yapılmak istenmiştir(Şekil 4). Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma ile birlikte cepheye entegre edilmiş mikro ısı pompasının geliştirilmesi, test edilmesi ve modellenmesi sunulmuştur. Yapılan çalışmada pasif evler gibi çok verimli binalar için havalandırma, ısıtma ve soğutma için maliyet ve performans açısından verimli bir sistem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma ve mikro ısı pompası gibi aktif bileşenlerin önceden hazırlanmış bir cepheye entegrasyonu, minimum kullanım alanı sağlamakta ve kurulum süresini ve uğraşını

azaltmaktadır(Ochs, Siegele, Dermentzis, & Feist, 2015).

Şekil 4: Inspire projesi modülü(Ochs et al., 2015).

3.Tartışma ve Sonuç

Mevcut yapıların yapı kabuğunun iyileştirilmesinin çevresel etkilerin azaltılmasında önemli bir yeri bulunmaktadır. Yapı kabuğunun performansının iyileştirilmesinde yapı kabuğunun iklim koşullarına maruz kalmaması, maliyet etkinliği ve kullanıcı mahremiyeti açısından hafifliği ve kurulum kolaylığı ile ahşap modüler / prefabrik elemanların doğrultusunda uygun çözüm olabileceği görülmüştür.

Ahşap modüler / prefabrik elemanların incelenen örnekler doğrultusunda; pasif ısıtma ve soğutmada etkili olduğu, enerji tüketimini azalttığı, geleneksel yöntemlere göre uygulama süresini kısalttığı, farklı taşıyıcı sistemlere uygulanabileceği, farklı boyutlarda üretilerek tasarım esnekliği sağladığı ve yeniden kullanılabileceği ancak uygulandığı yere göre malzeme ve uygulama maliyetini arttırabileceği görülmüştür.

Sürdürülebilir özellikleri ile ahşap yapı malzemesi oldukça ilgi çekmektedir. Yapı elemanı olan ahşabın bu amaçla büyütülen ağaçlardan ve sürdürülebilir şekilde yönetilen ormanlardan üretilmiş olması önemli olmaktadır. Türkiye'de ise sertifikalı ormanların yüzdesinin arttırılması ahşap yapı malzemelerinin ve dolayısıyla mevcut yapıların iyileştirilmesinde ahşap modüler / prefabrik elemanların kullanımını olumlu yönde etkileyecektir.

Kaynaklar

Aşanlı, M. (2016). Geleneksel Yapı Teknikleri; Doğal ve Ekolojik Yapı Rehberi, İstanbul: Yeni İnsan Yayınevi.

Callegari, G., Spinelli, A., Bianco, L., Serra, V., & Fantucci, S. (2015). NATURWALL© - A Solar Timber Façade System for Building Refurbishment: Optimization Process through in Field Measurements. *Energy Procedia, 78*, 291-296. doi:10.1016/j.egypro.2015.11.641

Häkkinen, T. (2012). Systematic method for the sustainability analysis of refurbishment concepts of exterior walls. *Construction and Building Materials, 37*, 783-790. doi:10.1016/j.conbuildmat.2012.07.084

Malacarne, G., Monizza, G. P., Ratajczak, J., Krause, D., Benedetti, C., & Matt, D. T. (2016). Prefabricated Timber Façade for the Energy Refurbishment of the Italian Building Stock: The Ri.Fa.Re. Project. *Energy Procedia, 96*, 788-799. doi:10.1016/j.egypro.2016.09.141

Milner, H. R., & Woodard, A. C. (2016). Sustainability of engineered wood products. In *Sustainability of Construction Materials* (pp. 159-180).

Mjörnell, K., Boss, A., Lindahl, M., & Molnar, S. (2014). A Tool to Evaluate Different Renovation Alternatives with Regard to Sustainability. *Sustainability, 6*(7), 4227-4245. doi:10.3390/su6074227

Ochs, F., Siegele, D., Dermentzis, G., & Feist, W. (2015). Prefabricated Timber Frame Façade with Integrated Active Components for Minimal Invasive Renovations. *Energy Procedia, 78*, 61-66. doi:10.1016/j.egypro.2015.11.115

Sandberg, K., Orskaug, T., & Andersson, A. (2016). Prefabricated Wood Elements for Sustainable Renovation of Residential Building Façades. *Energy Procedia, 96*, 756-767. doi:10.1016/j.egypro.2016.09.138

Woodard, A. C., & Milner, H. R. (2016). Sustainability of timber and wood in construction. In *Sustainability of Construction Materials* (pp. 129-157).

BOŞLUĞUN STRÜKTÜRÜ: HİLBERT KÜP ve MENGER KÜP ÖRNEKLERİ ÜZERİNDEN FRAKTAL ANALİZİ

Burcu Buram ÇOLAK*
**Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye*
E-mail: colakburcuburam@gmail.com
Murat TURAN**
***Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye*
E-mail: mrttrn@gmail.com
Arzu ÖZEN YAVUZ***
***Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye*
E-mail: arzuozen@gazi.edu.tr

Özet: Gelişen teknoloji sayesinde matematik; mimarlık alanı dahil olmak üzere çeşitli disiplinlerle birlikte hareket ederek bilgisayar destekli tasarım teknolojisinin gelişmesine de katkı da bulunmuştur. Bu katkı sayesinde matematiksel modellerin kullanımı ile strüktürel tasarım, geometri ve boşluğun strüktüre edilmesi gibi parametreler öne çıkmıştır. Strüktürel tasarımda karmaşıklık kuramı sistemdeki dinamiklerin modellenmesi açısından önemlidir. Bu kuram; birçok parametrenin birlikte sistematik bir ilişki kurarak taşıyıcı sistemin tasarlanmasını sağlamıştır. İlk etapta bakıldığında dikkat çekenin geometri olmasına karşın asıl önemli olan geometriyi bu hale getirip, formun ayakta durabilmesini sağlayan parametrelerdir. Matematiksel modelleme mantığının mimariyle bir bütün olarak ele alınıp sadece mimari tasarımda değil strüktürel sistem tasarımında da yer alması ile yapılması gereken hesaplamalar daha pratik hale gelmiştir. Bu şekilde yapılan bilgisayar simülasyonları sayesinde strüktürel tasarımı biçimlendirmek dolu ve boş kavramlarını strüktüre etmek mümkün kılınmıştır. Çalışma kapsamında; bir hacmi dolu boş ilişkisi ile strüktüre eden fraktal düzenlerden ikisi olan Hilbert ve Menger küp örnekleri üzerinden ilham alınarak tasarlanan iki farklı küp üzerinden yapılan analizler ele alınmıştır. İncelenen bu örnekler boşluğun strüktüre edilmesi kavramı üzerinden karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma; strüktüre etmek kavramı üzerinden sadece strüktür kısmının değil boşluğu da strüktüre etme kavramının önemine dikkat çekilerek, 3D modeller üzerinden yapılan değerlendirmeler ile ileride yapılacak olan çalışmalara ışık tutması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Parametrik Tasarım, Strüktüre Etmek, Boşluğun Strüktürü, Fraktal Geometri, Hilbert Küp, Menger Küp

1. Giriş ve Kuramsal Çerçeve

Matematiğin mimarlıktaki rolü yadsınamaz derecede önemlidir. Bu iki bilim dalı arasındaki ilişki mimarlık tarihini incelediğimizde çok fazla ve farklı örneklerde karşımıza çıkmaktadır. Bu örneklerin farklı biçimlerde farklı uygulama tekniklerinde yapılmış olduğu görülmektedir. Bu ilişki günümüzde gelişen teknolojinin de etkisi ile daha karmaşık ama aynı zamanda iç içe geçmiş kompleks biçime dönüşmüştür. Bu değişim, topolojiler ya da karmaşık geometrilerle sınırlı olmayıp, tüm bunlara ek

olarak, mimarlık matematik ilişkisini geometri, parametrik değerler, mantık ve çeşitli aksiyomatik uygulamalar, parametrik değerlerle istenilen yüzey ve mekanları elde etme gibi yöntemlerin hepsini birbiri ile bağlantılı bir şekilde bilgisayar ile tasarım anlayışı kavramında bütünleştirmiştir. Günümüz koşullarında değerlendirirsek matematik mimarlık için sadece oran ve form arayışlarının aracı olmaktan çıkmış, farklı bilim alanlarının verilerinin bütünleştirildiği, sayısız verinin bir tasarım parametresi olarak kullanıldığı karmaşık tasarım süreçlere ve bu süreçlerin ihtiyacı olan temel düşünce biçimine dönüşmüştür (Sorguç, 2012).

Strüktürün oluşturulması sağlayan modeller ve çeşitli yöntemler, bu çalışmanın temel inceleme alanı kapsamındadır. Bu bağlamda çalışmanın hedefi yapısal sistem tasarımının verilerinin günümüzdeki son teknolojik değişimler kapsamında yenilikçi bir yaklaşımla gözden geçirmektir. Mimari tasarım kavramı boşluğun tasarlanmasıdır. Yapısal sistem tasarımı ve optimizasyon modelleri ise tasarlanan boşluk ile kuracak ilişkiler ağını vermektedir. Strüktür tasarımını matematiksel modeller üzerinden inceleyerek mimari tasarım kavramı için yenilikçi yaklaşımlar ortaya çıkarmak bu çalışmanın temel hedeflerindendir (Kavurmacıoğlu, Ö., 2013).

2. Parametrik Tasarım

Parametrik tasarım kavramı kısaca bilgisayar destekli tasarım (CAD) aracı demektir. Bu kavram, oluşturulacak olan tasarımın önceden belirlenen parametreler üzerine kurgulanmasıdır. Sanal ortamında kurgulanan sistem içerisindeki, parametrelere girilen farklı değerler sonucunda farklı sonuçlar oluşmaktadır. Bu farklı sonuçlar form tasarımı için veya fiziksel mekânda ışık, ses ve biçim değişimleri için kullanılmaktadır. Parametrik tasarım bunların yanı sıra detay çözümleri ve yapısal sistem tasarımları için de kullanılmaktadır. Parametrik tasarım ile daha önceden yapılmış olunan örnekler incelendiğinde tek bir değerin formül oluşturduğu görülmüştür. Bu değerler; ölçü, oran ve kalınlık değişimlerinin gerektiği yerlerde, parametrelerin değerleri değiştirilir ve sadece bir değer detay çözümüne dayalı çeşitli çözümler üretilebilmektedir (Baykara, M., 2011).

Parametrik tasarımın dayandığı temel prensip çizgiler yardımıyla bir çizim oluşturmak yerine, çeşitli parametreler belirleyerek bu parametreler yardımıyla oluşturulan tasarım kuralları doğrultusunda programda istenilen geometriyi oluşturmaktır. Oluşan geometri CAD yardımı ile yapılmaktadır ve yine CAD yardımı ile oluşturulmuş olunan parametrelere bağlıdır. Parametrik tasarımda modele girilen her değer programdaki bir diğer formülle ve denklemle bağlantılı olarak çalıştığı için herhangi bir

değer değiştirildiği taktirde tüm denklemler güncelleneceği için model güncellenerek yeni bir sonuca dönüşür (Baykara, M., 2011).

Parametrik tasarım sınırlandırılmış bir terim olmaktan öte bir anlayıştır. Parametrik tasarım döngüsü Şekil 1'de incelenmiştir.

Şekil 1. Parametrik tasarım döngüsü (Baykara, M., 2011)

3. Boşluğu Strüktüre Etmek Üzerine

Strüktüre etmek kavramı genel olarak biçimlendirmek, bir düzen kurmaktır. Günümüzde meydana gelen teknolojik gelişmelerden en çok etkilenen sektör yapı sektörüdür. Yapı sektöründeki bu gelişmeler mimarinin tüm bilim ve uygulama alanlarındaki gelişmeleri bir çatı altında toplayıp mimariyle ilişkisini kurarak, bu gelişmelerden yararlanması sonucunu doğurmuştur. Bu gelişmeleri mimari entegre ederken en çok dikkat edilmesi gereken; tasarım sürecinde devreye giren hayal gücünü uygulamada yapılacak olan inşaat ile entegrasyonu iyi yapmaktır.

Bu entegrasyonu yaparken dikkat edilmesi gerek bir diğer husus; yapısal sistemin ön planda olduğu yapılarla mimari formun ve mekânın yaratılmasıdır. H. Engel (2004, 11) bu durum ile alakalı şu görüşte bulunmuştur: "Strüktür tasarımında strüktür, model ve mekân üreten birincil ve yegâne araçtır. Yapı strüktür modeli içinde saklanabilir; aynı zamanda mimari olarak strüktür modelin kendisi olabilir. Yani strüktürler, binaların kaynağını, oluşumlarını, sonuçlarını temel yollarla belirler. Böylece, temel strüktür modeli gibi yapı kavramlarını geliştirirken özgün mimari tasarımın bir parçası olarak yer alır. Bu nedenle nesnelerine, yöntemlerine, önceliklerine ve uygulayıcılarına göre mimarinin tasarım ve ideali yanı sıra inşaat modeli ile mimari tasarım arasında çok farklılık görülmez." (Kavurmacıoğlu, Ö., 2013).

Strüktür sistemini seçimini yaparken en önemli etken mimari anlatımdır.

Mimari anlatımdan kasıt genel mimari prensipleri ve aynı zamanda parametreleri oluşturan tasarımcının mevcut problemlere ve olası problemlere çözümler içermektedir. Strüktür ile iç mekân ilişkisi kısmı önemsenmektedir. Bu kısım zamanla değişebilen parametreleri de bünyesinde barındırır. Strüktür ile mimarlık ilişkisini genel olarak 4 madde ile ilişkilendirirsek (Mc Donalds, 1994):

1. Biçim tasarımında kullanılan strüktürler, yapıların formunu belirlerken dikkat edilen en önemli kriter yapısal sistem ihtiyaçlarını karşılamasıdır.
2. Günümüzde sembolik olarak kullanılan strüktürel yapılara talebin artmasındaki asıl sebep; mimari görsel dilin strüktür elemanları ile birleşmesidir.
3. Gelişen teknoloji sayesinde geçilen geniş açıklıklar, yüksek katlı ve hafif üretilen yapılar sınırları zorlayan strüktürlerdir.
4. Sadece biçim üretme düşüncesinde ve estetik kavramının bir parçası olmayan strüktürler gizlenerek sadece taşıyıcılığı ile mimari anlatıma katılmaktadır (Mc Donalds, 1994).

Boşluk Strüktür İlişkisi

Mekandaki boyutsal algıyı arttırmak, bir başka deyişle, mekânı algılanabilir hale getirmek, onu oluşturan objeler arasındaki boşluğu anlamlı hale getirmekle aynı anlama gelmektedir. Boyutsal ilişkiler, ancak mekânsal deneyimin mekân içinde yaşatılması ile algılatılabilir. Bu anlamda mekân, sadece fiziksel olarak bir alanın sınırlandırılması değildir, mekânın bir görsel ve sembolik boyutu da vardır (Demirel, E., 2004). Bu konu, müzikteki benzer bir olayla açıklanabilir: Fiziksel olarak müzik sesinin duyulmadığı herhangi bir zaman aralığı, iki obje arasındaki boşluğa benzetilebilir. Aletin çalınması ile seslendirilen notalar, bir dizi inci gibi beraber algılanır. Çünkü tonlar arasındaki küçük duraklar parça çalınırken, sık sık arka arkaya gelerek yokmuş gibi algılanırlar. Zamanın ilerlemesiyle beraber ton, takip ettiği aralık boyunca yavaş yavaş ritmik ağırlığını ve anlamını kazanır. Parça sona erdiğinde, duraklar ve tonların oluşturduğu sistem anlaşılmış olur. Durakların parça içinde anlamlı bir uzunluğa da sahip olması gerekir. Bu anlamda, mekandaki tanımlı boyutlarla, müzikteki tanımlı zaman aralıkları arasında bir benzerlik gözlenmektedir. O zaman, mekandaki boyutsal algının arttırılması, yani mekânın daha algılanabilir hale gelmesi ile mekandaki boşluğun doğru biçimlendirilmesi konusunda bir paralellik vardır diyebiliriz (Demirel, E., 2004).

4. Fraktal Geometri

Yerin ölçülmesi anlamana gelen geometri ismini; yunanca yer anlamında olan “geo” ve ölçüm anlamındaki “metria” kelimelerinden

almıştır. Geometri doğadaki tüm formların yanı sıra mimari bir yapıya da bakıldığında ilk olarak dikkat çekip, akılda kalan özelliktir. Bir cismi tariflerken geometrik formunun ne olduğunun anlatımı cismi biçimlendirmede yardımcı unsurdur.

Latince "fractus" sözcüğünden gelen fraktal; kırılmış ya da parçalara ayrılmış anlamlarına gelmektedir. Öklid geometrisinde mevcut olan belirli karakteristik büyüklüklerden daha fazla karakteristiğe sahip olan ve ölçekten bağımsız olan fraktal geometrisine örnek olarak dairenin yarıçapı verilebilir (Alik, 2015, s.35).

Kendine benzeyen veya en azından tamamı olmasa da belli oranlarda bendine benzerlik özelliği taşıyan fraktallar; bir cismi oluşturan en küçük parçaların birleşerek oluşturduğu bütünü kendi en küçük parçasına benzer. Kompleks detaylar veya formlar küçülen ölçeklerde kendini tekrar eder ve bütünüyle zaman kavramı olarak sonsuza kadar sürebilir; hatta, her parçanın her bir küçük parçası belli ölçeklerde büyütüldüğünde, yeni oluşan cismin bütününe benzemektedir. Fraktal kavramı en bilindir örnekleri olarak doğada kar tanesi veya ağaç kabuğunda kolayca gözlenebilmektedir (Mandelbrot, Benoit B. 1983).

Kurgulayıp belli bir matematiksel formülle oluşturduğumuz fraktalların asıl çıkış noktası doğadır. Doğada çoğu örneğiyle fraktal kurgu olgusunu kolaylıkla gözlemleyebilmek mümkündür. Doğada sıkça karşımıza çıkan fraktal kurgulardan bazıları aşağıda örneklenmiştir (Resim 2).

Resim 1. Doğadaki fraktal örneklerden bazıları [1]

Boşluk Fraktal İlişkisi

Uzaydaki bir nesne olan fraktal sonsuz sayıdaki sonsuz küçük parçadan oluşmaktadır. Fraktal; küçük parçalar büyük parçaların birebir kopyası olabileceği gibi kendine benzer özelliği ile küçük parçalar büyük parçanın küçültülmüş bir kopyası olabilmektedir. Genellikle doğada rastlanan örneklerinde fraktal, küçük parçalar büyük parçaların benzeri olarak karşımıza çıkar. Bunun en bilinen örneği ağaçtır. Çok sayıda olabildiğince küçük dalı olan fraktal deneysel verilerin oluşturduğu bir küme özelliği göstermektedir. Bu küme de sınırsız küçük sayının olabildiğince çok sayısı olabilmektedir (Gözübüyük, G.,2007).

Sonsuz sayıdaki küçük parçaların büyük bir parça oluşturması mantığı ele alındığında bir fraktal olabilmesi için belli bir algoritmaya sahip olması gerektiği kavramı karşımıza çıkmaktadır. Belli bir formülüzasyona sahip olan fraktallar oluşturulurken benzer küçük parçaların bir araya gelmesi ile meydana gelen yine kendi en küçük parçasına benzer yeni büyük parça dolu ve boşluk ilişkisinin en güzel örneğidir. Belli küçük parçaların tamamen silinmesi veya daha yoğun hale getirilmesi ile bu doluluk boşluk ilişkisi de farklı alternatifler haline getirilebilmektedir. Bu bağlamda baktığımızda belli bir formülü olan fraktallerin oluşturduğu boşlukta yine kendisine bağlı bir logaritmadan meydana gelmiş olmaktadır. Burada boşluğunda bir algoritması oluşmaktadır. Belli bir formül ile oluşmuş olan bu boşluklar yeni mekanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Mekânsal boyutun algılanmasını belirleyen; o mekânın doğru biçimlenmesi ise fraktaller yardımı ile oluşturulmuş olan, belli bir formülüzasyona sahip olan boşluklar önemli hale gelmektedir.

Çalışma kapsamında boşluğun strüktüre edilmesi kavramının fraktal örnekler üzerinden seçilmesinin en önemli nedeni mekânsal boyut algılanmasında boşluğun biçimlendirilmesinin önemidir.

5. Alan Çalışması

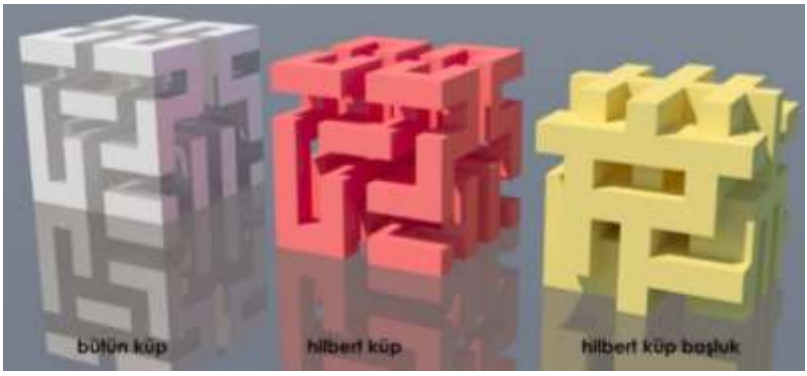
Strüktürel tasarım konusu son yüzyılda matematiksel modelleme programlarında meydana gelen değişimlere paralel olarak gelişmiş ve bu gelişim de matematiksel modellemelerde mimari tasarım için yapılan yenilikçi yaklaşımları doğurmuştur. Boşluğun biçimlendirilmesi mimari tasarımı temsil ederken, boşluk biçimlenirken kurulan ilişki, takip etmesi gereken parametreleri matematiksel modellemelerle oluşturulan strüktürel tasarım vermektedir.

Strüktürel tasarımı meydana getirirken bilgisayar ortamında girilen parametreler sayesinde birbirini tekrar eden fraktalleri oluşturmak

mümkün hale gelmiştir. Alan çalışması olarak; fraktal örnekler üzerinden strüktür analiz kavramının özellikle boşluğu strüktüre etmek kısmına dikkat çekmek amacıyla bir hacmi dolu boş ilişkisi ile strüktüre eden fraktal düzenlerden en popülerleri olan Hilbert ve Menger küp örnekleri üzerinden değişik alternatiflerde yeni çevrimler oluşturarak tasarlanan iki farklı küp üzerinden yapılan analizler ele alınmıştır. İncelenen bu örneklerin boşluğun strüktüre edilmesi kavramı üzerinden karşılaştırılarak değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Her iki küp üzerinden 4 farklı çevrim seçeneği denenmiştir.

Hilbert Küp Örneği Analizi

Çalışma kapsamında ilk olarak Hilbert küp örneği incelenmiştir. Bir geometriyi belli bir algoritma belirleyerek fraktal yeni bir geometri oluştururken strüktüre etmek kavramının içerisinde yer alan strüktür kavramını oluşturan doluluk-boşluk kavramlarını da bir formülüzasyon yardımıyla tıpkı bir fraktal gibi düzen kurarak biçimlendirme nedeni ile çalışmaya uygun olan 'Hilbert Cube' seçilmiştir. Bu kapsamda 3D modeller oluşturulmuştur. Hilbert küpün içerisinde yer alan boşluk; küp oluşurken kullanılan parametrelere bağlı olarak belli bir formülle dayanarak oluşmuştur. Bu bağlamda; sadece dolu olan kısmın strüktürünün gözlemlenebilmesinin yanı sıra boşluğun strüktürünün fraktal bir düzen içerisinde incelenmesi mümkündür (Şekil 2).

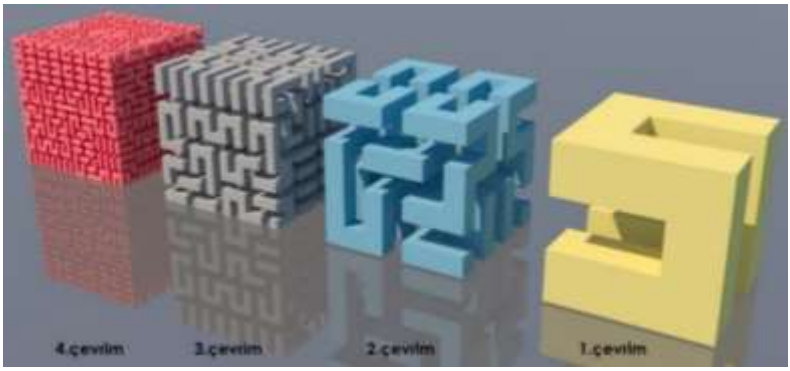


Şekil 2. Hilbert küp içerisinde meydana gelen dolu-boş parametrik oluşum

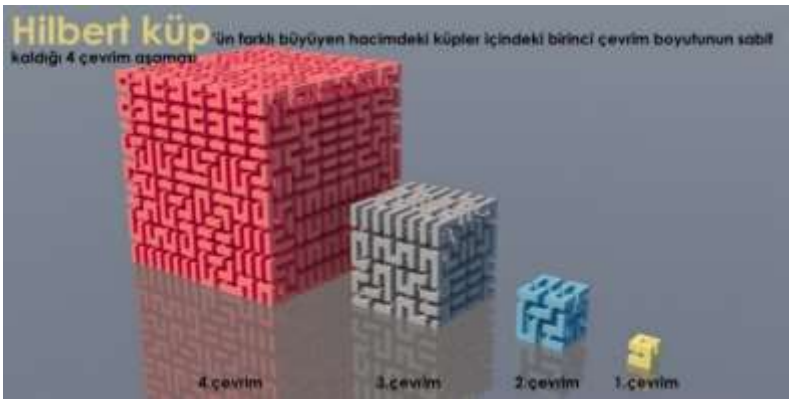
Hilbert küp için 3D modelleri oluşturulan 4 çevrimin plan düzlemindeki görünüşü Şekil 3'teki gibidir.

Şekil 3. Hilbert küpün 4 çevrim aşaması

Hilbert küpün aynı hacimdeki küpler içerisindeki 4 çevrim aşamasının 3D görüntüsü Şekil 4' teki gibidir. 1. Çevrimde ilk basit formunda olan Hilbert küp daha fazla kendini tekrar eden küçük parçaların bir araya gelmesi ile yeni bir dolu-boş strüktür tanımlayan 4. Çevrime dönüşmüştür. 4. çevrimde fraktal en karmaşık ve yoğun haline ulaşmıştır. Birinci çevrim boyutu küçük tutularak bir araya getirip büyütülerek 4. Çevrim boyutuna erişmek mümkündür (Şekil 5).

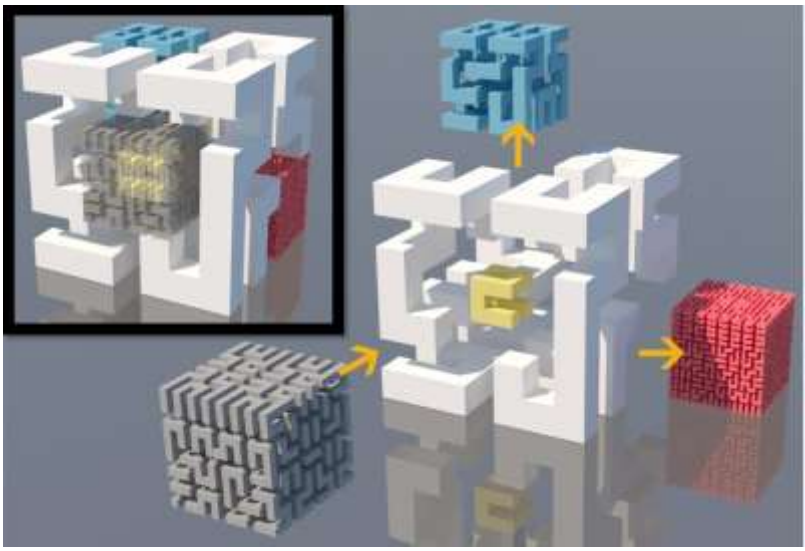


Şekil 4. Hilbert küpün aynı hacimdeki küpler içerisindeki 4 çevrim aşaması



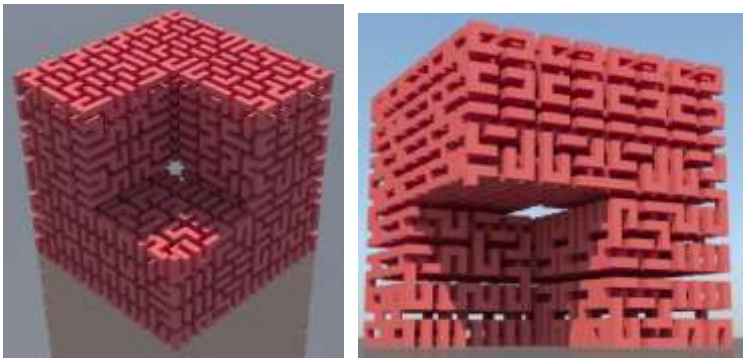
Şekil 5. Hilbert küpün birinci çevriminin sabit kaldığı 4 çevrim aşaması

Tasarlanan bu 4 çevrimin bir araya farklı biçimlerde birleştirilmesi veya parçalanması ile yeni küpler elde edilmiştir. Bu şekilde farklı boşluk strüktürlerini incelemek mümkün olmuştur. 4 farklı çevrimden yeni bir bütün elde edilmesi denenmiştir (Şekil 6). Fraktalların 4 farklı çevrimde birleştirilip yeni bir bütün meydana getirmesi ile yeni bir strüktür meydana gelmiştir.



Şekil 6. Hilbert küp; 4 farklı çevrimden yeni bir bütün elde edilmesi

Hilbert küp için tasarlanan bu 4 çevrimin farklı alternatifler oluşturabilmesi için bir araya farklı biçimlerde birleştirilmesi veya parçalanması ile yeni küpler elde edebilmek oldukça pratiktir. Bu bağlamda çok fazla alternatif dolu-boş strüktür form örnekleri sunmaktadır. Bunun yanı sıra Hilbert küp ile oluşturulan en yoğun ve dolu-boşluk ilişkisini en fazla gördüğümüz form olan 4.çevriminde boşluk için farklı alternatifler denenmiştir (Şekil 7). Bu alternatifler sonsuz sayıda yapılabilmektedir. Burada amaç boşluğun meydana getirdiği mekân ve bu mekanla strüktürün yeni ilişkini gözlemleyebilmektir.

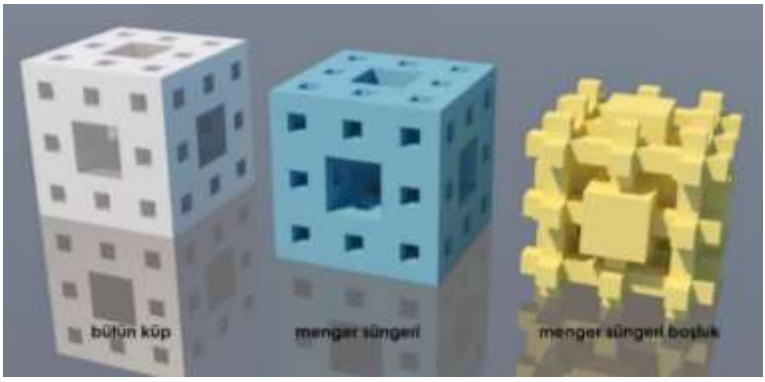


Şekil 7. Hilbert küp; 4.çevriminde boşluk için farklı alternatiflerin denenmesi

Menger Küp Örneği Analizi

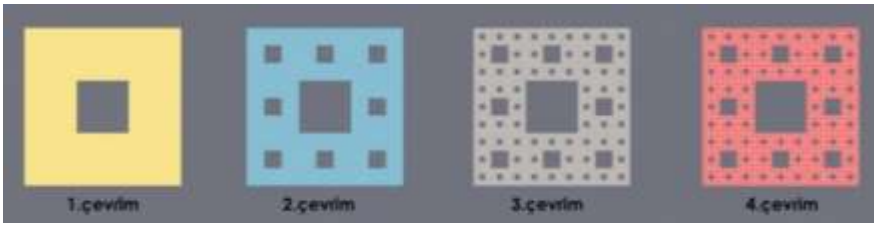
Başlangıç biçimi bir küp olan ve bu küpten küçük küplerin çıkarılmasıyla oluşan Menger süngerinin fraktal boyutu alanın boyutu olan 2 ve hacim boyutu olan 3 arasında bir değer olan 2.72'dir. Bunun nedeni çevrimler sonucu oluşan nesnenin başlangıçtaki küpün ayrıtları ile sınırlı bir hacimde sonsuz yüzeye sahip olmasıdır (Gözübüyük, G.,2007).

Çalışma kapsamında ikinci olarak Menger küp örneği incelenmiştir. Çoğu mimari tasarımda da örnek alınarak yapılan Merger süngeri de tıpkı Hilbert küpü gibi fraktal bir boyutu temsil etmektedir. Hilbert küp örneğindeki gibi, Menger süngeri içerisinde meydana gelen dolu-boş parametrik oluşumunu incelemek için 3D modeller oluşturulmuştur (Şekil 8).



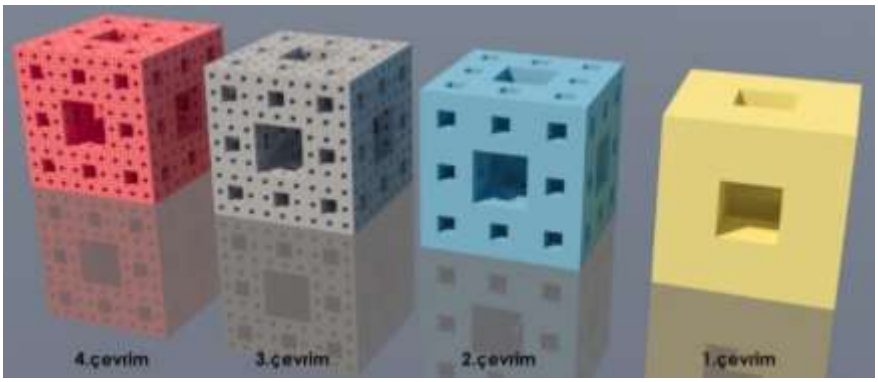
Şekil 8. Menger süngerin içerisinde meydana gelen dolu-boş parametrik oluşum

Menger süngeri için 3D modelleri oluşturulan 4 çevrimin plan düzlemindeki görünüşü Şekil 9 ’teki gibidir.



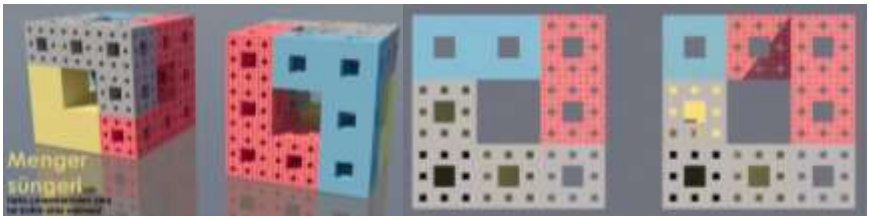
Şekil 9. Menger süngerinin 4 çevrim aşaması

Menger süngerini aynı hacimdeki küpler içerisindeki 4 çevrim aşamasının 3D görüntüsü Şekil 10’ teki gibidir. 1. Çevrimde ilk basit formunda olan Menger küp daha fazla kendini tekrar eden küçük parçaların bir araya gelmesi ile yeni bir dolu-boş strüktür tanımlayan 4. Çevrime dönüşmüştür. 4. çevrimde fraktal en karmaşık ve yoğun haline ulaşmıştır. Birinci çevrim boyutu küçük tutularak bir araya getirip büyütülerek 4. Çevrim boyutuna erişmek mümkündür.



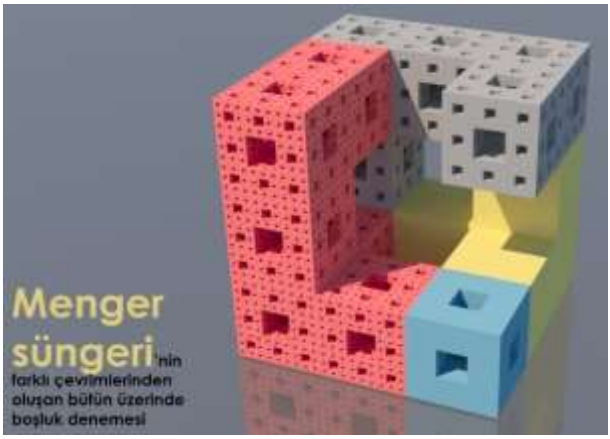
Şekil 10. Menger süngerinin aynı hacimdeki küpler içerisindeki 4 çevrim aşaması

Menger süngerinin farklı çevrimlerinden yeni bir bütün elde edilmesi için; 4 çevriminin bir araya farklı biçimlerde birleştirilmesi veya parçalanması ile yeni alternatif küpler elde edilmiştir (Şekil 11). Burada amaç tıpkı Hilbert küpteki gibi farklı boşluk strüktürlerini incelemektir.



Şekil 11. Menger süngeri; farklı çevrimlerinden yeni bir bütün elde edilmesi

Menger süngerinin farklı çevrimlerinden oluşan bütün üzerinde boşluk strüktürünü farklı alternatiflerden incelemek adına deneme yapılmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Menger süngeri; farklı çevrimlerinden oluşan bütün üzerinden boşluk denemesi

6. Değerlendirme ve Sonuç

Çalışma kapsamında anlatılan fraktal örnekler üzerinden strüktür analiz kavramının özellikle boşluğu strüktüre etmek kısmına dikkat çekmek amacıyla seçilen Hilbert ve Menger küp örnekleri üzerinden değişik alternatiflerde yeni çevrimler oluşturarak tasarlanan iki farklı küp üzerinden yapılan analizler ele alınmıştır. İncelenen bu örnekler için oluşturulan çevrimler değerlendirildiğinde farklı çevrimlerde oluşan boşluğun farklı strüktüre yol açtığı görülmüştür. Dolu ve boş kurgulanırken farklı çevrimlerde farklı strüktürlerin ortaya çıkmasının yanı sıra ölçeğin değiştirildiği takdirde kurgunun da tamamen değişebildiği görülmüştür. İki örneğin hangi konularda kısıtlı hangi konularda daha çok alternatif sunduğu incelenmiştir.

İlk olarak konu kapsamında ele aldığımız belli parametrelere bağlı olarak bir formülüzasyon ile meydana gelmiş olan Hilbert küp örneğini incelediğimizde Hilbert küp için oluşturulan 4 çevrimden 1. Çevrimde ilk basit formunda olan Hilbert küp daha fazla kendini tekrar eden küçük parçaların bir araya gelmesi ile yeni bir dolu-boş strüktür tanımlayan 4. Çevrime dönüşmüştür. 4. çevrimde fraktal en karmaşık ve yoğun haline ulaşmıştır. Burada dolu-boş ilişkisinin net olarak görüldüğü 1. Çevrim iken 4. Çevrimde dolu boş ilişkisi ilk çevrim ile küçük parçalarının benzemesinden bağımsız olarak yeni bir düzen ile karşımıza çıkmaktadır. Küçülen ve çoğalan bu ölçek ile diğer çevrimlerden tamamen farklı görülen fakat aynı parametrelerden türetilmiş fraktal geometri boşluğu strüktüre etmekte daha detaylı bir sisteme dönüşmüştür. Aynı durum için Menger küp incelendiğinde yine 1. Çevrim boyutu küçük tutularak bir araya getirip büyütülerek 4. Çevrim boyutuna erişildiği ve ilk basit formunda olan Menger küp daha fazla kendini tekrar eden küçük parçaların bir araya gelmesi ile yeni bir dolu-boş strüktür tanımlayan 4. Çevrime dönüştüğü görülmektedir. Burada iki örnek arasındaki en önemli fark Menger küpte tüm çevrimlerde orta kısımda bulunan boşluğun sabit kalması ile birlikte 2.3. ve 4. Çevrimdeki diğer yan boşlukların durağan kalmasıdır. Bu durum boşluğu strüktüre etme kavramı açısından sınırlayıcı bir tasarım verisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Hilbert küpte ise tüm çevrimlerin dolu-boş oranları benzer olmakla birlikte farklı oranlarda olduğu için tüm çevrimlerde farklıdır. Bu durum farklı boşlukların strüktüre edilmesi özelliği ile farklı alternatifler sunmaktadır. Bu durumun meydana gelmesindeki en önemli parametreler ölçek ve orandır. Bu iki örnekteki bu farklılık tasarımlarındaki dolu- boş kurgusunun nasıl yapıldığı ile alakalıdır.

Farklı çevrimlerin farklı alternatifler ile yeniden kurgulanıp yeni bir bütün elde edilmesi ile yapılan küp denemeleri incelendiğinde Hilbert küpte ölçekleri büyütülmüş veya küçültülmüş küplerin birleştirilip yeni bir sistem oluşturduğu küpte sayısız alternatif oluşturulabildiği görülmüştür. Bu yeni küp üzerinden küçük ve büyük ölçeğin bir arada kurgulanarak bir fraktal üzerinden farklı oranlarda fraktalları kapsayan strüktürler elde etmek mümkündür. Menger küpte ise yine farklı çevrimlerden yeni bir bütün elde etmek mümkün iken daha önce bahsedildiği üzere belli yerlerde boşluğun sabit kalmasından dolayı alternatif üretmek konusunda kısıtlı kalmaktadır.

Her iki örnekte de farklı yerlerden elde edilen boşluk denemesi yapılmıştır. Boşluk oluşturularak kalan kısmın dolu-boş ilişkisinden yeni bir strüktür elde edilmiştir. Boşluk denemelerinde hem Hilbert küp hem de Menger küp örneği için sayısız deneme yapmak mümkündür. Bu da sayısız strüktür anlamına gelmektedir.

Tüm bu verilerden de anlaşıldığı üzere; çalışma kapsamında incelenen ve değerlendirilen örnekler tasarım kurgulanırken değiştirilen ölçek, oran, boşluk ve farklı çevrimler meydana getirme gibi parametrelerin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Bu özelliklerden herhangi biri değiştirildiğinde tasarımdaki dolu-boş ilişkisi tamamen değişmekte ve bu da bağlantılı olarak strüktürü değiştirmektedir. Hilbert küp ve Menger küp örnekleri farklı tasarım kurgularıyla birer fraktal olarak farklı çevrimlerde ne gibi değişikliklere uğradığı incelenirken; ölçek ve oranın boşluğu strüktüre etme kavramı üzerinde ne kadar önemli olduğu görülmüştür.

Tüm bu değerlendirme ve analizlerdeki amaç boşluğu strüktüre etme kavramına dikkat çekmektir. Sonuç olarak bu çalışma; strüktüre etmek kavramı üzerinden sadece strüktür kısmının değil boşluğu da strüktüre etme kavramının önemine dikkat çekilerek, 3D modeller üzerinden yapılan değerlendirmeler ile ileride yapılacak olan çalışmalara ışık tutması hedeflenmektedir.

Kaynakça

Alik, B. (2015). Mimarlıkta Tasarlama Yöntemleri ve Fraktal Tasarımlar Üzerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi, 28-34,35-39,40-46,48,51-61,69-74,109-152. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Baykara,M., (2011). Mimarlıkta Parametrik Tasarım ve Arazide Kütle Yerleşimi için Bir Model Önerisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, Mimari Tasarımda Bilişim, Yüksek Lisans Tezi.

Kavurmacıoğlu, Ö. (2013). Strüktür Tasarımında Yenilikçi Matematiksel Modeller Üzerine Bir İnceleme, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Sorguç, G. A., (2012). Mimarlığın Matematiği, Matematiğin Mimarlığı, Arredamento Dergisi, 4.

Engel, H. (2004). Strüktür Sistemleri. İstanbul: Tasarım Yayın Grubu.

Mc Donald, A. J (1994). Strüktür ve Mimarlık. Butteworth Arch.

Demirel, E., (2004). Mekân Kurgusu: Boşluğun Mimarisi, Mimarlık Dergisi 315, Ocak-Şubat.

Mandelbrot, Benoit B. (1983) [1977]. Fractal Geometry of Nature (İngilizce) (yenilenmiş ve ekli bas.). New York, ABD: W. H. Freeman and Company. ISBN 978-0-7167-1186-5.

Gözübüyük, G. (2007). Farklı Mimari Dillerde Fraktallere Dayalı Form Üretimi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimari Tasarım Programı, Yüksek Lisans Tezi.

İnternet Kaynakları

[1] https://www.matematikciler.com

BOŞLUĞUN STRÜKTÜRE EDİLMESİNDE KULLANILABİLECEK BİYOMİMETİK BİR YAKLAŞIM: KUŞ YUVASI

***Maide Merve TAŞKAN, **Kübran Nazlı ŞAHİN, ***Arzu ÖZEN YAVUZ**

*Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Yüksek Lisans Öğrencisi

**Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Yüksek Lisans Öğrencisi

**** Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Öğretim Üyesi

*maidemrvt@gmail.com, **kubrannazlisahin@gmail.com, ***arzuozen@gazi.edu.tr

ÖZET

Strüktüre etme kavramı en geniş tanımıyla biçimlendirme olarak ifade edilmektedir. Kelime olarak mimaride inşa etmek anlamıyla algılanmasına karşın çeşitli bilim dallarında strüktüre etme kavramı incelendiğinde bir bütünü oluşturmakla görevli parçalar düzeni anlamına geldiği görülmektedir. Doğa tasarımcılara biçimlendirme aşamasında her zaman yol gösterici olmuştur. Doğanın üretkenliği, dönüşümleri, verdiği tepkiler tasarımcılara gerek malzeme, gerek strüktür gerekse de biçimlenme aşamasında ilham verici olmuştur. Bu çalışma kapsamında da doğadan ilham alarak tasarımı geliştirmede üretken bir yöntem olan biyomimesisin bir hacmi strüktüre etmede kullanılması amaçlanmıştır. Böylelikle kütlenin veya boşluğun sahip olduğu biçimin genel bütünsel düzeni yeniden tanımlanması hedeflenmiştir. Bunun için kuş yuvalarının strüktüre etme davranışlarından ilham alınarak bir boşluğu sınırlayan küpün yeniden strüktüre edilmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyomimesis, Biyomimikri, Doğayı Taklit Etme, Strüktüre Etmek, Kuş Yuvası

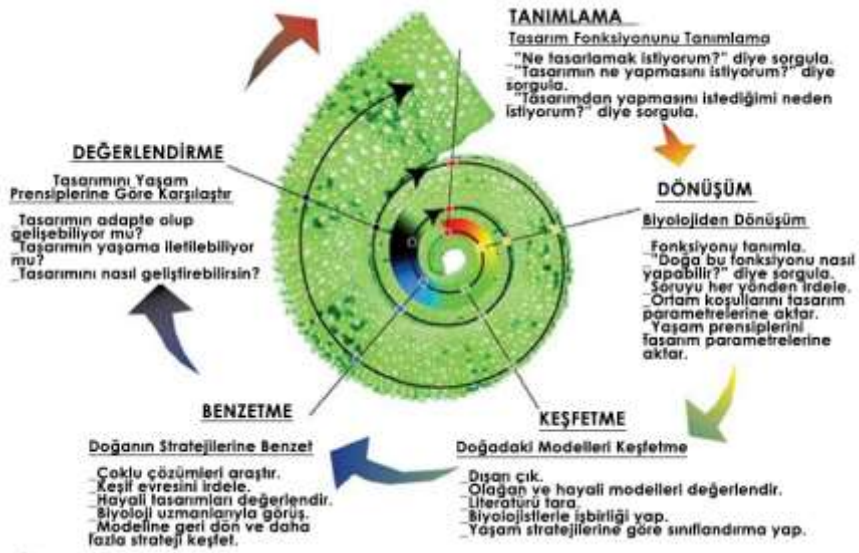
1.GİRİŞ

Strüktür kelimesi latince kökenli olup anlam olarak üst üste yığmak, inşa etmek demektir. Çeşitli bilim dallarında, bir bütünü oluşturmakla görevli parçaların düzeni anlamına gelen strüktür, biçimin genel tasarımı ile ilgili bir kavramdır. Biçimi ayakta tutabilecek olan sisteme strüktür denmektedir (Bayülgen, 1993). H. Engel'e göre strüktür tasarımında strüktür, model ve mekan üreten birincil ve yegane araçtır. Yapı strüktür modeli içinde saklanabilir; aynı zamanda mimari olarak strüktür modelin kendisi olabilir. (Engel,2004). Bu bağlamda strüktüre etme; bir hacmi, bir boşluğu yada bir mekanı kurgulamada kullanılan örgütlenme düzenidir.

Dovey 'yer' oluşturmayı temelinde **geleceği keşif** ve ***strüktüre etmek*** olarak yorumlamıştır. [Dovey, 1999] Heidegger yer oluşturmakla ilgili köprü örneği vermiştir. Köprü inşa edildikten sonra konumlanışı ile yer tarif eder. Köprü ile tarif edilen 'yer', gelecekteki olası yerleşimlere olanak sağlayarak geleceği ***strüktüre etmektedir"***.

Pek çok disiplini etkileyen doğanın mimarlık ile ilişkisi çok eskilere dayanmaktadır. İnsanoğlunun doğal biçimlenişleri ve strüktürleri gözlemlemesi ve öğrenmeye çalışması, barınma gereksinimini hissetmesi ile eş zamanlı olduğu düşünülmektedir. İnsanoğlu, barınma gereksinimi ile birlikte doğadaki oluşumları gözlemlemiş, sadece doğadan elde ettiği malzemeleri kullanmamış aynı zamanda bilinçli ya da bilinçsiz doğadaki yapılaşmaları gözlemleyerek ya da taklit ederek ilk bina yapma tekniklerini geliştirmeye başlamıştır (Selçuk, A. ve Sorguç, G., 2007).

Bu makale kapsamında ilk olarak strüktüre etme kavramı sorgulanmış ve doğadaki canlıların bir hacmi/ boşluğu strüktüre etmedeki yaklaşımından ilham alınarak, belirli geometrik düzene sahip "boşluk" olarak "küp"ün strüktüre edilmesinde kullanılması hedeflenmiştir. Böylelikle üretken bir yöntem olan biyomimesisin bir hacmi strüktüre etmede kullanılması amaçlanmıştır. Küp biyomimetik olarak strüktüre edilirken Hastrich'in biyomimikri enstitüsü için oluşturduğu tasarım spiralinden yararlanılmıştır (Şekil 1).



Şekil-1: Carl Hastrich Spirali

2. BİYOMİMESİS VE MİMARLIKTA BİYOMİMESİS

19. yüzyıldan itibaren, biyolojinin bir bilim dalı olarak ortaya çıkması ve doğaya dair bilimsel açıklamaların gelişmesiyle mimarlığın daha öncesinde doğayı **"taklit etme"** şeklindeki ilgisi, doğayı açıklayan kanunlara ve bilimsel açıklamalara yönelik olmuştur. Biyoloji sınırsız sayıda biçim üretmek için doğanın kullandığı bazı geometrik düzen, kural ve araçları basitçe kullanır (Couceiro, 2006). Bu durum **"biyolojik morfogenezle"** ilgilidir.

Biyomorfizm kavramı, yunanca "yaşam" anlamına gelen "bios" ve "biçim" anlamına gelen "morphe" kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Biyomimikri, Biyomimetik ve Biyomimesis kavramları ile anılmaktadır.

Biyomimetik kavramı, doğadaki yöntem ve sistemlerin, mühendislik sistemleri ve modern teknolojiye ilişkin tasarımlara uygulanmasıdır. Hem biçimsel çeşitlilik hem de performansa ilişkin bir yöntem olarak görülmelidir (Yeşilyurt, E., 2008).

Biyomimikri, sadece tasarımı doğadan uyarlamaz aynı zamanda ısıtma ve soğutma sistemi, doğal ışık ve havalandırma koruması gibi doğanın efektif işlevlerini nasıl kullanacağını göz önünde bulundurmaktadır (Rao, R, 2014).

Üretken yaklaşım yöntemi olan **biyomimesis** “hayat” anlamına gelen "bios" ve “taklit etmek” anlamına gelen "mimesis" köklerinden oluşmaktadır. Yani, doğadaki biçimlerin, süreçlerin, hareketin ve ekosistemi farklı disiplinlerdeki farklı sorunlara çözüm üretmek için taklit edilmesi olarak tanımlanabilir.

Benyus, biyomimikrinin kapsamını genişletmiştir ve biyomimikrinin nihai hedefinin sıfır enerji binaları elde etmek olduğuna dikkat çekmiştir. Benyus taklidi üç şekilde ele almaktadır: (Benyus, 1997)

1.Doğal biçimin taklit edilmesi: Bir organizmanın formu, bileşenleri, malzemesi gibi morfolojik özelliklerinin yani fiziksel görünümünün taklit edilmesidir.
2. Doğal süreçlerin taklit edilmesi: Bir organizmanın oluşumunun, hareketlerinin ve çevresiyle ilişkisinin taklit edilmesidir.
3. Doğal ekosistemlerin taklit edilmesi: Tasarlanmış obje ile birlikte çevre de göz önüne alınarak, ekosistemin taklit edilmesidir.

Bu doğrultuda biyomimetik kavramını, ***doğadaki biçimlerin, süreçlerin, hareketin ve ekosistemin, farklı disiplinlerdeki farklı sorunlara çözüm üretmek için taklit edilmesi*** olarak tanımlayabiliriz (Şekil 2).

Şekil-2: Mimarlık disiplininde problemin tanımlanması sürecinde sorulması gereken sorular (Yeler, 2012)

Doğadan yararlanırken biyolojik ifadeler mimari biçimleniş bilgisine dönüştürülür. Doğa gibi üretmek, biçimin oluşum sürecini anlamak demektir. Doğada üretilen biçimlenişlerin analiz edilmesi ve biçimleniş aşamasında gelişen süreçlerin kavranması, günümüz ve geleceğin mimarlarının biçim arayışlarında yepyeni bakış açıları kazandırması bakımından çok önemlidir. Ayrıca, doğada belirli tekrar, ritim, renk, doku, oran, denge ile kendi içinde bir kompozisyon oluşturulduğu, doğadaki biçimlenişlerin mükemmel bir şekilde yaratıldığı görülmektedir. Doğa, en küçük atomdan en büyük spiral galaksilere kadar sınırsız sayıda düzenli (doğrusal, eğrisel, yüzeysel, hacimsel) geometrik biçimlenişler sergilemektedir.

3. ALAN ÇALIŞMASI: BOŞLUĞUN STRÜKTÜRE EDİLMESİNDE KULLANILABİLECEK BİYOMİMETİK BİR YAKLAŞIM: KUŞ YUVASI

Çalışma kapsamında kuşların yuvalarını inşa ederken boşluğu kurgulama biçiminden ilham alınarak bir hacmin strüktüre edilmesinde kullanılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda çalışma iki aşamada gerçekleşmiştir. İlk aşamada biyomimetik bir yaklaşım olarak kuşların yuva yapma davranışlarının incelenmesi hedeflenmiştir. Bu aşamada doğadaki canlının içgüdüsel olarak kurguladığı hacimsel ilişkiye yönelik tanımlamalar belirlenmiştir. Hacmi nasıl örgütledikleri keşfedilmeye çalışılmıştır.

Doğadaki biçimlenmelerde doğanın kusursuz tasarımlarının zamana yenik düşmediğini gözlemliyoruz. En basit şekliyle bir küp strüktüre edildiğinde; uzun süreli kullanımlar için esneklik, gerektiğinde biçim değiştirebilme, farklı işlevlere olanak tanıma, taşınabilir olma gibi optimum imkanları sunabilecek yaklaşımın doğada yine en basit şekliyle organizmaların kendi barınaklarını inşa etme davranışları olacağı kanaatine varılmıştır. Kuş yuvalarının tek bir kuş tarafından dahi hızlıca yapılabiliyor olması, yuvanın hafif ve fonksiyonel biçimlenişi, bu çalışma kapsamında, strüktüre etme yaklaşımının belirleyicisi olmuştur.

Şekil-3: Kuşların Farklı Materyalleri Kullanarak İnşa Ettikleri Yuvaları

Doğada çok sayıda kuş türü bulunmaktadır. Kuşların yuvalarını yapma nedenleri genel olarak; yumurtaların ve yumurtadan yeni çıkan yavruların savunmasız olması ve kendilerini de dışarıdan gelebilecek tehlikelere karşı korumaktadır. Her bir kuş türünü yuvasını inşa etme tekniği birbirinden farklıdır. Bazı kuş türleri örgü yuvalar yaparken, bazı kuş türleri kil gibi malzemelerden harç oluşturarak, bazısı da doğadaki yaprakları ince uzun şeritler haline getirip kumaş gibi dokuyarak yuvalarını oluşturur.

a) b)

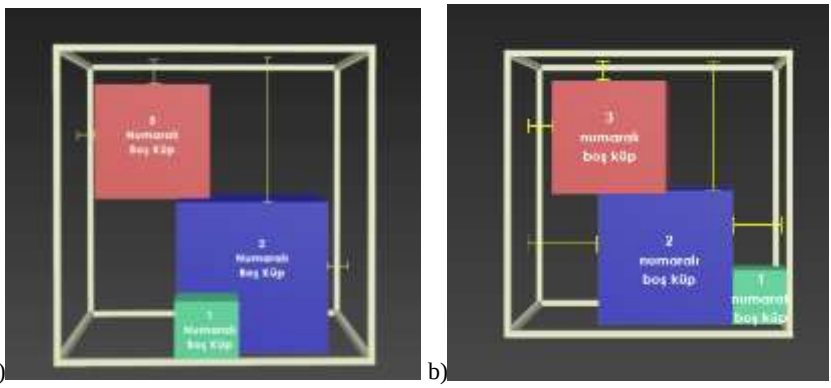
Şekil-4: Farklı materyalleri kullanarak yuva yapan kuşlar:

a)Ağaç yapraklarını örerek yuva yapan kuş, b) Kilden yuva yapan kuş.

Tüm bu farklılıklara karşın tüm kuş türleri öncelikle yuvasını hangi materyalleri kullanarak inşa edecekse doğadan bu malzemeleri toplar. Topladığı malzemeleri harç haline getirmesi ya da kesmesi gerekiyorsa bunları yapar. Yuvasını inşa etmeye giriş kısmından başlar. Bu giriş kısmı sadece kendisinin geçebileceği büyüklükte ve esnekliktedir. Sonra yuvanın duvarlarını oluşturur. Yuvanın iç kısmında kuşun yavrularını koruması için "tüneklik", yavrular için "beşiklik" gibi farklı boyutlarda hacimleri olabilmektedir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise; kuşların yuva yapma davranışları taklit edilerek bir birim küpün strüktüre edilmesi hedeflenmiştir. Bu aşamada kuş yuvasından elde edilen bilgiler doğrultusunda, hacmin örgütlenme düzeni soyutlanmış, kabuk ile ilişkisi yeniden belirlenmeye çalışılmıştır.

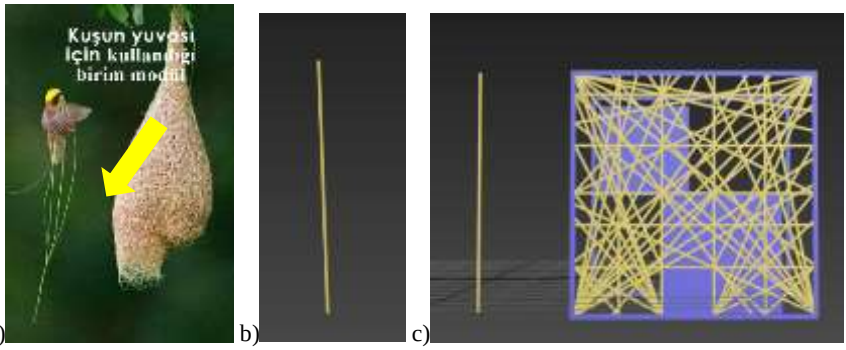
Boşluklar belirlenirken küpün girişinde yine kuşun yuva yapma davranışlarında yuvasının girişini küçük tutması model alınarak boyutsal olarak en küçük olan küp(1 numaralı) şeklinde bir boşluk bırakıldı. Hemen bu küpün arkasında en büyük hacimli boş küp(2 numaralı) tasarlandı. Büyük boş küpün üstüneyse orta büyüklükte bir boş küp(3 numaralı) tanımlandı. Boşluk bırakan küp hacimler, dolu küpün duvarlarında cephe oluşturmayacak şekilde tasarlandı. Bunun sebebi kuşun yuvasına sadece giriş kısmında boşluk bırakmasıdır.



a) b)

Şekil-5: a) Modellenen Küpün Ön görünüşü, b) Modellenen Küpün Sol Görünüşü

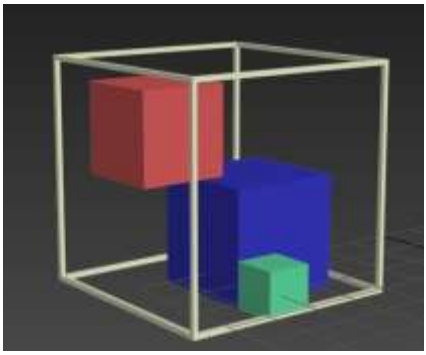
Kuşun yuvasının yapımında kullandığı örgü tekniğinde arada bıraktığı küçük boşluklardan, yuvası hem havalanmakta hem de ışık almaktadır. Çalışmada strüktüre edilecek küpte de, kuş yuvasında olduğu gibi yeterli havalandırma ve doğal ışık belirlenen örgü modülleri sayesinde sağlanıyor.



a) b) c)

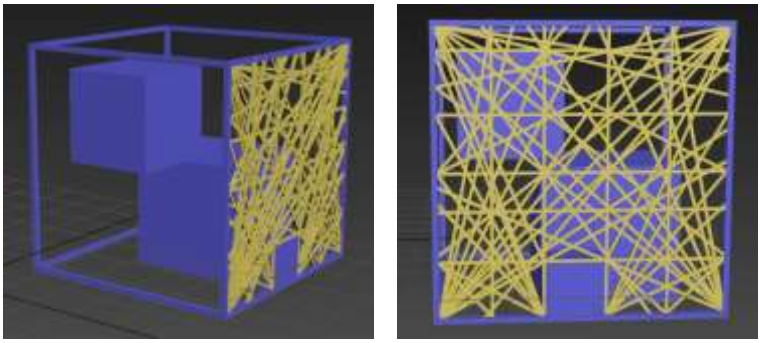
Şekil-6: a) Kuşun kullandığı doğada bulunan birim modül, b) : Küpü strüktüre etmek için soyutlanan doğrusal modül, c) Soyutlanan modüllerin farklı boyut ve açılarla bir araya getirilerek kuşların kullandığı örgü tekniğinin taklit edilmesi

3D Max programı kullanılarak yapılan modelleme çalışmasında boşluğun strüktüre edilme aşamaları şu şekilde gerçekleşmiştir:



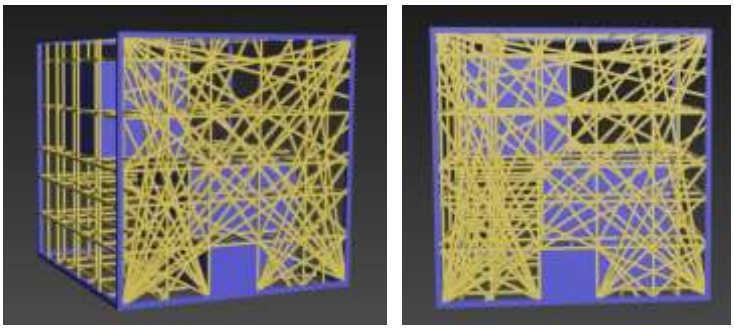
Şekil-7: Boşlukların tanımlanması

1. İlk olarak dolu alanları oluşturacak olan en dıştaki küpün sınırları belirlendi. Sonra farklı boyutlarda modellenen 3 küp yardımıyla, dolu küpün içindeki boşluklar tanımlandı. Küp, kuş yuvası yapım tekniğine göre strüktüre edildiğinde küpler çıkarılacak.



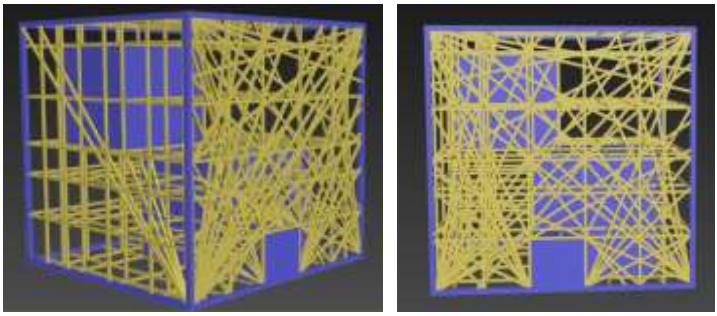
Şekil-8: Giriş Cephesinden Strüktüre Edilmeye Başlanması

2. Giriş için cepheden verilen ve en küçük hacme sahip küple ifade edilen boşluk strüktüre edilmeye başlandı. İnce uzun yaprak ve dal parçalarını soyutlayan doğrusal ve ince modüller sağlam bir strüktür elde etmek için köşegenler şeklinde kullanıldı.



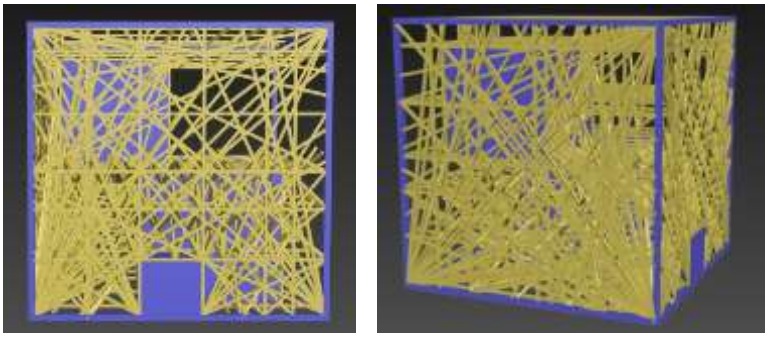
Şekil-9: Modüllerin Boş Hacimleri(Mekanları) Taşıyacak Şekilde Yerleştirilmesi

3. Aynı kuş davranışlarında olduğu gibi esas taşıyıcı sistem ve giriş kısmı öncelikli olarak biçimlendirildi. Boş hacmi tanımlayan 3 küpün sınırları soyutlanan dal modüllerinin 90° ve 180° lik açılarla yerleştirilmesiyle belirlendi. Böylece boş hacimleri(mekanları)ve modeli taşıyan bir sistem oluşturuldu.



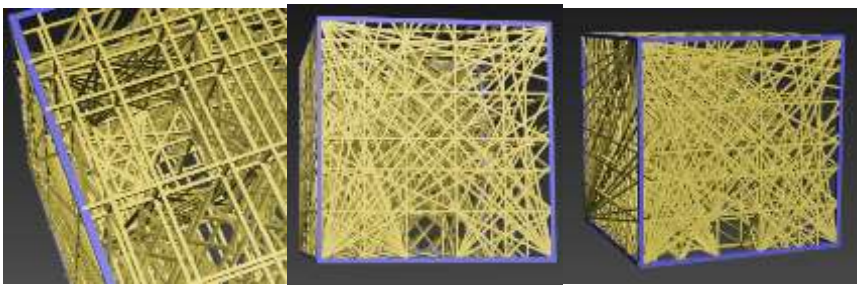
Şekil-10: Köşegenler Oluşturacak Biçimde Örgü Tekniğiyle Sıklaştırılan Modüller

4. Esas taşıyıcılar oluşturulduktan sonra modüllerle, belirlenen biyomimetik yaklaşım doğrultusunda, dolu alanlar x-y, y-z, x-z ve x-y-z düzlemlerinde yine köşegenler oluşturacak biçimde örülmeye başlandı.



Şekil-11: Daha Küçük Boyutlardaki Modüllerin Kullanılması

5. Daha küçük modüllerle büyük modüllerin araları doldurularak dolu alanlara netlik kazandırılmaya başlandı.



Şekil-12: Tamamen Strüktüre Edilen Küp

6. Küp tamamen strüktüre edildiği için boşluk olarak belirlenen küpler çıkarıldığında bu alanların biçimi yine küp şeklini korur. Sonuç olarak içerisinde 3 boş küp hacmi tanımlanan dolu küple, kuş yuvası yapım tekniği soyutlanarak strüktüre edilmiş bir biçim ortaya çıkarıldı.

4. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında strüktür; bir bütünü oluşturmakla görevli parçaların düzeni, biçimi ayakta tutabilecek olan bir sistem ve mekan üreten bir kavram olarak tanımlanmıştır. Strüktüre etme eylemininse strüktüre bağlı olarak; bir hacmi, bir boşluğu yada bir mekanı kurgulamada kullanılan örgütlenme düzeni olduğu sonucuna varılmıştır. Strüktüre etme yöntemi olarak seçilen biyomimetik yaklaşım açıklanmış ve Carl Hastrich Spirali' nin biyomimikri tasarım döngüsünden hareketle tasarım yaklaşımı belirlenmiştir.

Buna göre "Tanımlama" aşamasında strüktüre etme kavramını en basit şekliyle açıklamak/gözlemlemek amacıyla biçimi ayakta tutması istenilen bir küp tasarlanmasına karar verilmiştir. Bu çalışma sonucunda biçimlenen küp modelinin, daha farklı ve karmaşık biçimlerin tasarımlarına ve ileride bu konu hakkında yapılacak çalışmalara ışık tutması hedeflenmiştir.

"Dönüşüm" ve "Keşfetme" aşamalarında literatür taramaları yapılarak birçok kuş türünün farklı şekillerdeki yuva yapma davranışları incelenmiştir. Bunun sonucunda kuşların yuvalarını yaparken uyguladığı temel yapım prensipleri tespit edilerek, bu prensipler, bir küpü strüktüre etmede kullanılacak tasarım parametlerine uyarlanmış/aktarılmıştır.

"Benzetme" aşamasında keşif evresi incelenmiş ve çoklu çözüm yöntemleri araştırılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda kuşların bir modül kullanıp bu modülü farklı boyutlarda ve açılarla değiştirip kullanarak yuvalarını inşaa ettikleri gözlemlenmiştir. Bu durumda yuva, farklı biçimler ve modellerde tekrar strüktüre edilebilir. Yani kuşun yuva

yapma davranışı biçimin değişebilmesine ve taşınabilmesine olanak veren; ergonomik ve esneklik sağlayan bir tasarım yöntemidir.

Şekil-13: Aynı Malzeme Ve Tekniği Kullanarak Farklı Biçimlerde Ve Boyutlarda Yuva Strüktüre Eden Kuşlar

Bu bağlamda 3D Max ortamında modellenen küp, bir kuşun yuva yapma davranışına göre strüktüre edilmiştir. Modüllerin kullanımı; boşlukları tanımlaması istenen hacimlerin hedeflenen doğrultuda biçimlenmesine olanak sağlamıştır. Modüllerin yönü, açısı ve boyutu istenilen şekilde ayarlanabileceği için küp içinde belirlenen boşluklar çoğaltılsa, boyutu ve biçimi değiştirlse bile yeniden strüktüre edilebilir. Sonuç olarak bir birim küpü biyomimetik bir yöntem olarak kuş yuvası yapım tekniğiyle strüktüre ettiğimizde bu tasarım adapte olabilir geliştirilerek farklı biçimlere dönüştürülebilir.

⦿ KAYNAKÇA:

› Yeler, G. (2012). *MİMARLIKTA BİYOMORFİZM,* Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

› Benyus, J. M. (1997). Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. New York: Quill.

› Dovey, K.(1999). “Local/Global”, Framing Places: Mediating Power in Built Form, Routhledge, New York, 47-50.

› Arslan S., Gönenç Sorguç A.(2007). Mimari Tasarım Paradigmasında Biomimesis'in Etkisi, Gazi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisi, 22(2):451-460, (SCI-EXP)

- Yeşilyurt, E. (2008). Biyoloji Temelli Bilimsel Kuramlar İle Mimari Tasarım İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Rao, R. (2014). Biomimicry in Architecture. International International Journal of Advanced Research in Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering and Developing, 1(3), 101-106.

- Bar-Cohen, Y. (2006). Biomimetics: using nature to inspire human innovation. Bioinspiration & Biomimetics, (1), P1-P12.

- Engel, H. (2004). Strüktür Sistemleri. İstanbul: Tasarım Yayın Grubu.

- Bayülgen, C. (1993). Çağdaş Strüktür Sistemleri. İstanbul: YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, 4-6.

- Mc Donald, A. J (1994). *Strüktür ve Mimarlık.* Butteworth Arch.

- Biomimicry Institute – Biomimicry: A Tool For Innovation, Carl HASTRICH

- Kurtoğlu, A. (2010). Kampüs Tasarımında Eylem Yönlendiricisi İle Sosyal Etkileşimin Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- KİZİROĞLU, İ. (2001). Ekolojik Potpuri, TAKAV Yayınevi, Ankara.

İZMİR KENTİNDE, BİSİKLETİN ULAŞIM AMAÇLI KULLANIM POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Berçin Topaloğlu*
**Şehir Plancısı, İzmir, Türkiye,bercin.topaloglu@gmail.com*
Doç. Dr. Muhammed Aydoğan**
***Mimarlık Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye, m.aydogan@deu.edu.tr*

Özet: Türkiye kentlerdeki nüfus artışı ile birlikte yaşanan hızlı yapılaşma, kentleri ve bireysel yaşam alanlarını genişletmektedir. Yerleşimlerdeki bu büyüme; konut, çalışma ve hizmet alanlarını birbirlerinden uzaklaştırmakta ve ulaşım konusunu kentsel yaşamın en önemli sorunlarından biri haline getirmektedir. Ulaşımda konfor beklentisi arttıkça, kaynaktan hedefe tek taşıtla erişim sağlayabilen özel araçların kullanımı, diğer ulaşım modlarına göre daha fazla tercih edilmektedir. Bu tercih bireysel olarak avantajlı görünse de; kentsel ulaşımın yoğunlukla özel araç kullanımıyla sağlanmaya çalışılması halinde kentlerin ulaşım altyapıları yetersiz kalmaktadır. Kentsel ulaşımı özel araçlarla sağlama yaklaşımının yarattığı altyapı yetersizliğini aşmak için yapılan yeni yatırımlar, daha fazla araç sahipliği ve daha fazla yetersizliğe neden olarak, kısır bir döngü yaratmaktadır. Oysa taşıt yollarına kıyasla çok daha düşük maliyetlerle yeterli altyapının sağlanması halinde, bisiklet de motorlu özel araçlar gibi kanyaktan hedefe tek araçla ulaşım sağlayabilmektedir. Bunun yanında günümüz sorunlarından küresel ısınma, çevre kirliliği, obezite ve kentsel yaşamın yaratığı fiziksel hareket eksikliği gibi sorunlar göz önüne alındığında; bisiklet, birçok ek faydalar sağlayan bir ulaşım türü olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada; İzmir kentinin bisiklet kullanımına ilişkin altyapısı incelenmiştir. Ulaşım talebinin yüksek olduğu belirlenen kentin dört merkezi bölgesinde, bisiklet kullanımının yoğunluğu araştırılmıştır. Bunlar: Bornova Merkez Bölgesi, Alsancak Bölgesi, Konak-Agora Bölgesi ve Karşıyaka Bölgesidir. Belirlenen konum ve zamanlarda yerleştirilen kameraların görüntüleri üzerinden, bisiklet kullanımına ilişkin sayısal veriler elde edilmiştir. Birçok ulaşım modunda yoğun hareketliliğin olduğu bu bölgelerde, günlük bisiklet kullanım miktarı, kullanımların saatlik dağılımı; bisiklet kullanan kişilerin, cinsiyetleri ve bisiklet kullanırken ne tür güvenlik aparatlarının kullanıldığı ölçülerek, yorumlanmıştır. Çalışmanın sonucunda; bisiklet kullanımının yüksek olduğu Avrupa kentleriyle kıyaslanarak İzmir'deki günlük bisiklet kullanım durumunun değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Kentsel Ulaşım, Bisikletli Ulaşımı, Bisikletin Ulaşım Amaçlı Kullanımı

Giriş

Dünyada yaşanan ekonomik ve sosyal gelişmelerin bir sonucu olan kentleşme, şehirlerin büyümesine ve daha geniş alanlara yayılmasına sebep olmaktadır. Mekânsal ölçekte gerçekleşen bu yayılma yaşam alanlarını birbirinden ayırması sonucu yaya ve bisiklete dayalı gelişen ulaşım sisteminin yerini motorlu taşıtlara bırakmasına sebep olmuştur. Kent içi ulaşım türleri otomobil, tramvay, vapur, metro gibi bireysel ve toplu taşıma

sistemlerinden oluşmaktadır. Yapılan araştırmaya göre ülkemizde bir otomobilde (ortalama) iki kişi bulunduğu dikkate alındığında tenha bir otobüs 30 otomobil, dolu bir otobüs ise 50 otomobil kadar yolcu taşıyabildiği ortaya çıkmıştır (Akı, 2015). Ulaşım sistemleri sosyo-ekonomik faydalar sağlıyor olsa da, çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Taşımacılık faaliyetleri yük ve yolculuklar için artan talebi karşılarken aynı zamanda çevre problemlerindeki artış seviyesini de yükseltmektedir. Ulaşım ve çevre ilişkisi değerlendirildiğinde üç farklı etki türünden söz edilebilmektedir. Küresel ölçekte: taşıt trafiğinin artmasından kaynaklı motorlu araçların yaratmış olduğu karbon salımıdır. Ulaşım sektörü dünya enerjisinin %25'ini, toplam petrol üretiminin ise yarısını kullanmaktadır. Bu durum, %25'lik kaynağını oluşturan bu gazın küresel etkisini arttırarak büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Artan taşıt kullanım talebin karşılanması için bilinçsizce yapılan karayolları, kentlerin ve çevreleyen kırsal bölgelerin giderek betonlaşmasına sebep olmaktadır. Yerel ölçekte ise: yaya ve bisikletli ulaşım yerine otomobil kullanımı odaklı geliştirilen politika ve uygulamalardır (Akı, 2015). Bisiklet, kent içi ulaşımda çevreci, motorlu taşıtların yaratmış olduğu baskıya karşı alternatif ve ulaşım planlamasında sürdürülebilir ve daha yaşanılabilir kentler oluşturmada en önemli faktör olarak kabul edilmektedir. Karayolunda üç metre genişliğindeki bir şeritte 400-600 metre otomobil ve 600-800 arası kişi taşınabilirken aynı genişlikte 6-7 bin kapasiteli bisiklet bulunabilmektedir. Motorsuz taşıt olarak kullanılan bisikletler bir otomobil için ayrılan park alanına 16 adet sığması ile park alanlarını daha verimli kullandıklarını ortaya koymaktadır (Uz, V.E., & Karaşahin, M., 2014). Ayrıca bir otomobilin park ettiği alana 8 bisikletin park edebiliyor olması, bisikletin park alanlarını daha verimli kullandıklarını ortaya koymaktadır.

Bisikletli ulaşım, sürdürülebilir ulaşım yaklaşımının önemli bir parçasıdır. Ülkeler bu kapsamda bisikletli ulaşım konusunda ulusal ölçekli stratejik çalışmalar gerçekleştirmekte ve yerel ölçekli çalışmalara yön verecek bir kılavuz ortaya koyabilmektedir. Tablo 1’de ülkelerin nüfus, bisiklete binme oranlarına dair bilgilerin yer aldığı veriler bulunmaktadır. Bu doğrultuda ulusal ölçekte bisikletli ulaşım stratejisi bulunan Hollanda ve Danimarka gibi İskandinav ülkelerinde bisiklet kullanım oranının diğer ülkelerle karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

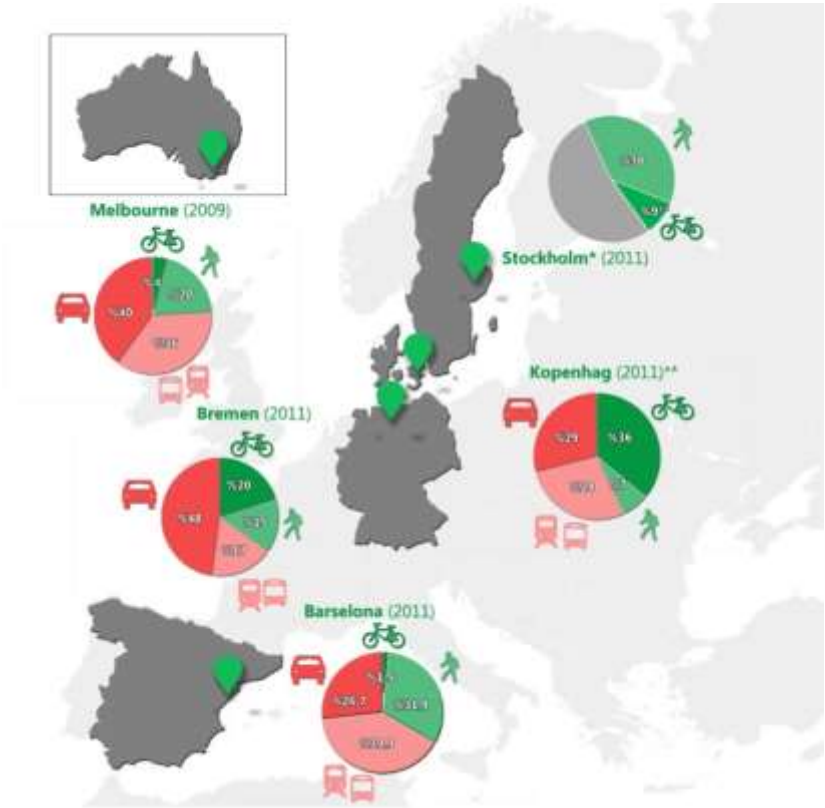
Tablo 1. Avrupa Kentlerinin Ulusal Bisiklet Stratejilerinin Karşılaştırılması

Ülkeler	Nüfus (Milyon kişi)	2014 Yılı Bisikletle Seyahat Oranı (%)	Türler Arası Bisiklete Binme Oranı (%)
Hollanda	17,02	36	26 (2010)
Danimarka	5,7	23	16 (2010-2013)
Macaristan	9,9	22	19 (2013)
İsveç	9,9	17	-
Finlandiya	5,5	14	8 (2010-2011)
Belçika	11,4	13	8 (2010)
Almanya	82,7	12	10 (2012)
Slovenya	2,1	9	6,7 (2005)
Çekya	10,6	8	7 (2013)
Litvanya	2,9	7	-
Polonya	38	7	-
Romanya	19,7	7	-
Slovakya	5,4	7	1,5 - 2 (2012)
Avusturya	8,7	6	7 (2010)
Hırvatistan	4,2	6	-
İtalya	60,6	6	4,7 (2013)
Letonya	2	6	-
Estonya	1,3	5	-
Bulgaristan	7,1	4	-
Fransa	67	4	2,7 (2010)
İspanya	47	3	-
Bileşik Krallık	66	3	> 2 (2008-2015)
Yunanistan	11	2	-
İrlanda	4,8	2	2,4 (2011)
Lüksemburg	0,58	2	-
Kıbrıs	1,2	1	-
Portekiz	10,3	1	-
Malta	0,44	0	-

Kaynak: Special Eurobarometer 422a quality of transport, 2014.

Mevcut durum karşılaştırması açısından temel verilerden biri kentlerin türel seçim oranlarıdır. Bisiklet ulaşımı ile ilgili olarak da Stockholm kentinde %9 oranında bisiklet kullanımı olduğu belirtilmektedir. Ancak bu oran yalnızca iş ve okul amaçlı yolculukları kapsamaktadır. Kopenhag kenti için verilen türel seçim oranları da, Stockholm'ün bisiklet ulaşımı

oranında olduğu gibi, yalnızca iş ve okul yolculuklarını kapsamaktadır. Bu kabul ile karşılaştırılan kentler arasında motorsuz ulaşım oranı en yüksek olan kentin Stockholm olduğu görülmektedir. Motorsuz ulaşım açısından Stockholm'ü, %36'lık bisikletli ulaşım oranı ile en yüksek kullanımın olduğu Kopenhag takip etmektedir. Ancak karşılaştırılan kentler arasında Kopenhag kentinde yaya ulaşımı oranı yalnızca %7'dir. Bisikletli ulaşım oranı en düşük olan kent ise %1,5 ile Barselona'dır.



Şekil 1. Kentlerin Mevcut Durum Türel Seçim Karşılaştırması

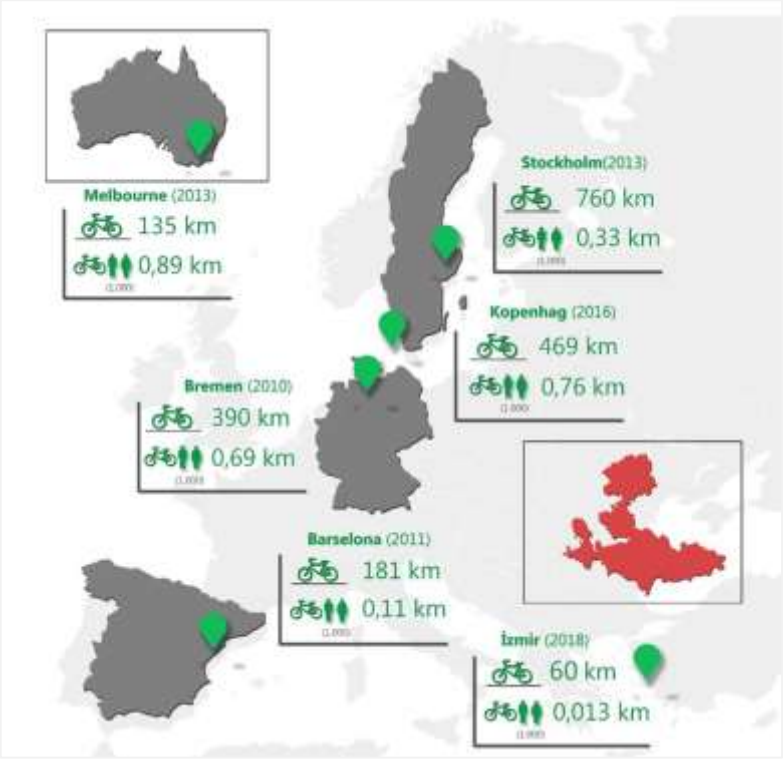
**Tüm modları içeren bir türel dağılım bilgisi mevcut değildir.*
***Yalnızca iş ve okul amaçlı yolculuklardaki kullanım oranıdır.*

Bisiklet kentlerine ait şebeke ağının 1000 kişiye düşen kilometre değerleri incelendiğinde Kopenhag bisiklet yolu ulaşım ağı açısından kıyaslanan kentler arasında en önde gelmektedir. Bu bağlamda 1000 kişi başına düşen bisiklet ulaşım ağı uzunluğu değerlendirildiğinde Melbourne merkez bölgesinin 0,89 km ile diğer kentlere nazaran daha yüksek bir değere sahip olduğu görülmektedir. Barselona ise tanımlı bisiklet yolu ağı açısından kıyaslanan kentler arasında sonda gelmektedir.

Tablo 2. Kentlerin Bisiklet Ulaşım Ağı Altyapısı Karşılaştırması

Kent Adı	Yıl	Bisiklet Ulaşım Ağı (km)	1000 Kişi Başına Düşen Bisiklet Yolu (km)
Barselona	2011	181	0,11
Bremen	2010	390	0,69
Kopenhag	2016	469	0,76
Melbourne	2013	135	0,89
Stockholm	2013	760	0,33
İzmir	2015	60	0,013

Kaynaklar: Dades Basiques de Mobilitat, 2016, Copenhagen City of Cyclists, 2010, Copenhagen City of Cyclists the Bicycle Account, 2016, Melbourne Bicycle Plan 2016-2020, 2012, Melbourne Walking Plan 2014-2017, 2014, Sustainable Urban Mobility Plan Bremen 2025, 2016, Urban Mobility Strategy, 2012.



Şekil 2. Kentlerin Bisiklet Ulaşımı Altyapısı Karşılaştırması

Avrupa ülkelerindeki bisiklet kullanım oranı yıllık sayımlarla raporlanıp, oluşan veriler incelenirken ülkemizde henüz ulusal ölçekli böyle bir çalışma yapılmamış olması oldukça üzücü bir durumdur. Türkiye'deki bisiklet kullanım oranının diğer türler ile tercihindeki oranı çıkartılmak da (bisiklet kullanımına ilişkin sayısal veri olamadığından) mümkün olmamıştır. Fakat kentlerde yapılan ulaşım planı çalışmalarında diğer ulaşım türleri ile bisikletin kullanım oranı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada mevcut bisiklet kullanımın yüksek olduğu kentlerden biri olan İzmir'de günlük bisiklet kullanım oranını tespit etmek ve kullanıcı profili oluşturmak amacıyla kamera sayım yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen veriler derlenerek bölge bazlı karşılaştırma yapılmış ve diğer Avrupa kentlerindeki bisiklet kullanım uygulamaları incelenerek öneriler geliştirilmiştir.

Çalışma Alanı

Türkiye'nin üçüncü büyük kenti olan İzmir, 11.973 km^2 yüzölçümüne sahip olup il nüfusu 4.320.519 kişi olarak tespit edilmiştir (TÜİK, ADNKS Verileri, 2018). Büyükşehir sınırları içerisinde 30 ilçe ve 1293 mahalle yer almaktadır. Kent içinde toplu taşıma hizmeti lastik tekerlekli toplu taşıma araçları (otobüs, minibüs ve taksi-dolmuş), raylı sistemler (banliyö hattı ve hafif raylı sistem) ve körfez içinde feribot, vapur ve deniz otobüsü gibi yapılmaktadır. Minibüs dışındaki tüm türler İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilmektedir.

Kent içinde var olan motorlu toplu taşıma sisteminin yanı sıra İzmir ilinde Karşıyaka'dan Sasalı'ya, Konak'tan Alsancak Limanı'na ve Üçkuyular'a uzanan bisiklet yolu bulunmaktadır. Bunun dışında Foça, Menemen, Gaziemir ve Çeşme ilçelerinde de parçalı olarak bisiklet yolları mevcuttur. Kent genelinde yaklaşık 60 km tanımlı bisiklet yolu bulunan İzmir kentinde bisiklet ağının yaygınlaştırılması ve kullanımın artmasına yönelik 127 adet bisiklet park alanı mevcuttur. Bu park alanlarının toplam kapasitesi ise 1.664'tür.

İzmir ilinde, akıllı bisiklet ulaşımı ile ilgili hizmet veren bir yapılanma bulunmaktadır. Bu yapılanma, 2014 yılından itibaren İZULAŞ A.Ş. şirketi bünyesinde kurulmuş, BİSİM adıyla hizmet vermektedir. BİSİM'in İzmir kıyı sahil şeridinde 46 km boyunca 34 adet bisiklet kiralama durağı bulunmaktadır (EPİ Bisiklet Kullanıcı Anketleri Saha Çalışması, 2018).

Şekil 5. İzmir Bisiklet Yolu ve Bisim Park Alanı

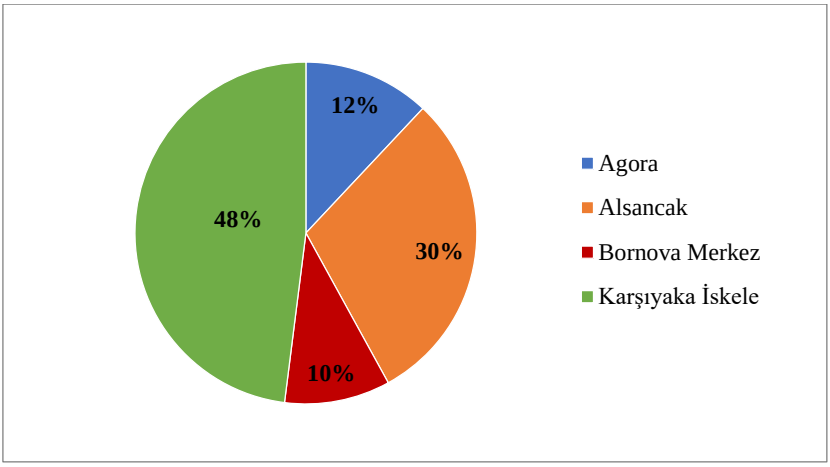
Çalışma kapsamında İzmir ilinde bisiklet yollarının olmadığı bölgelerde bisikletli kullanımının profilini tespit etmek ve kullanıcıların bisiklet kullanırken aldıkları güvenlik önlemlerini gözlemlemek amacı ile video kayıt görüntüsü kullanılmıştır. Bisiklet kullanım sonuçlarının anlamlı çıkması için hafta içi tipik bir iş günü seçilerek sabah 07.00-08.00 ile akşam 20.00-21.00 arasında 12 saat görüntü kaydı elde edilmiştir. Kamera ile çekim yapılan noktalar deşifre edilerek sonuçlar elde edilmiş; bu görüntüler deşifre edilerek, sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Kamera görüntülerinin alımı için İzmir ili metropoliten sahada, kent merkezinde dört farklı nokta seçilmiştir. Çalışma noktaları; Karşıyaka, Bornova, Agora ve Alsancak bölgeleridir.

Şekil 4. Kamera Sayım Noktaları

Bulgular

Bisikletli ulaşımın kent merkezinde kullanımını tespit etmek ve kullanıcı profili oluşturmak amacıyla yapılan çalışmada bölge bazlı 12 saatlik sayım sonuçlarına göre toplamda 935 bisikletli tespit edilmiştir. En yüksek bisikletli kullanıcı tespit edilen bölge: 445 bisikletli ile Karşıyaka İskele Bölgesi olurken; en düşük bölge ise: 96 bisikletli ile Bornova Merkez Bölgesi olduğu saptanmıştır.

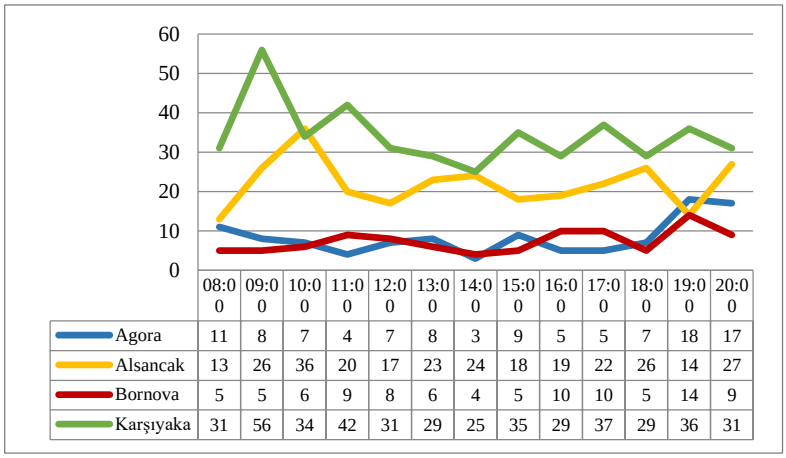
Grafik 1. Bölgelere Göre Bisiklet Kullanıcı Oranları



Bisiklet kullanıcılarının sayım sonucundaki saatlik dağılımı incelediğinde; Agora ve Bornova bölgelerinde en yüksek kullanıcı değeri akşam saat

19:00'da olduğu tespit edilirken; Karşıyaka ve Alsancak bölgelerinde sabah saat 09:00 ile 10:00 arasında gözlemlenmiştir

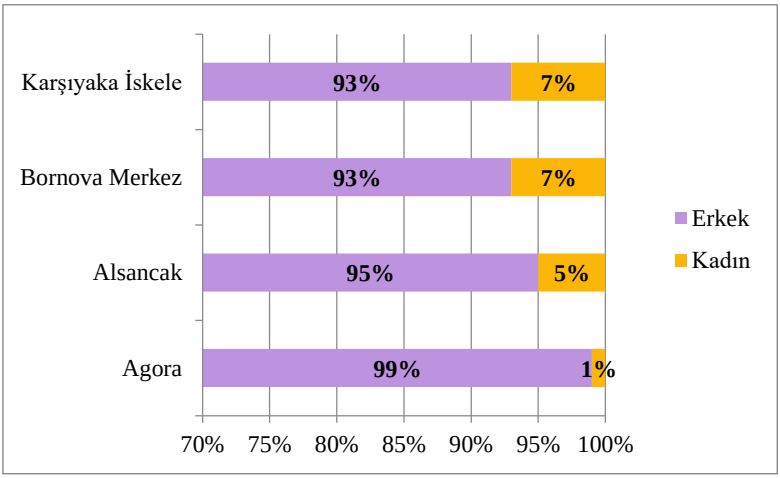
Grafik 2. Bölgelere Göre Bisiklet Kullanıcı Oranlarının Saatlik Dağılımı



	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Agora	11	8	7	4	7	8	3	9	5	5	7	18	17
Alsancak	13	26	36	20	17	23	24	18	19	22	26	14	27
Bornova	5	5	6	9	8	6	4	5	10	10	5	14	9
Karşıyaka	31	56	34	42	31	29	25	35	29	37	29	36	31

Bisikletli kullanıcıların cinsiyete göre kullanım oranları değerlendirildiğinde: %99 erkek oranı ile Kemeraltı Agora bölgesi en yüksek erkek kullanıcı oranına sahiptir. Kadın kullanıcılarda ise %7 oran ile Bornova Merkez ve Karşıyaka İskele bölgeleri en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir

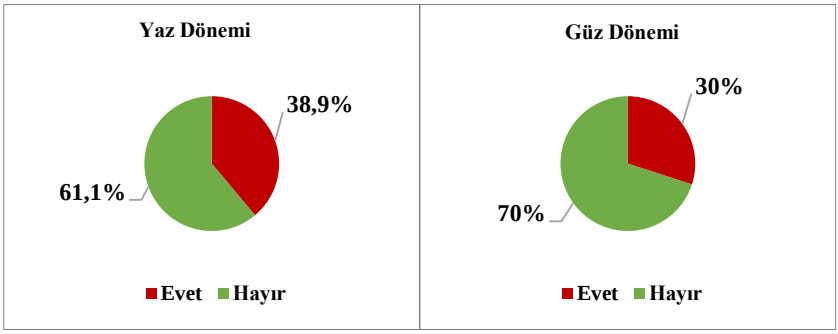
Grafik 3. Bölgelere Göre Bisiklet Kullanıcı Oranlarının Cinsiyete Dağılımı



İzmir Ulaşım Ana Planı (UPİ 2030) Önerileri Eylem Planları yapım işi kapsamında yapılan bisiklet kullanıcı anketlerinde ekipman kullanımına yönelik sorular sorularak mevcut durum tespit edilmeye çalışılmıştır. Yaz

dönemi yapılan anket sonuçlarına göre: ankete katılan bisiklet kullanıcılarının % 38.9'u tarafından kask kullanırken, güz döneminde ise %30'u tarafından kullanıldığı tespit edilmiştir. Yaz döneminde yapılan anket sonucuna göre: her 10 kişiden 6'sı kask kullanmaz iken, güzde dönemi anket sonuçlarında ise her 10 kişiden 7'si olarak hesaplanmıştır (EPİ Bisiklet Kullanıcı Anketleri Saha Çalışması, 2018).

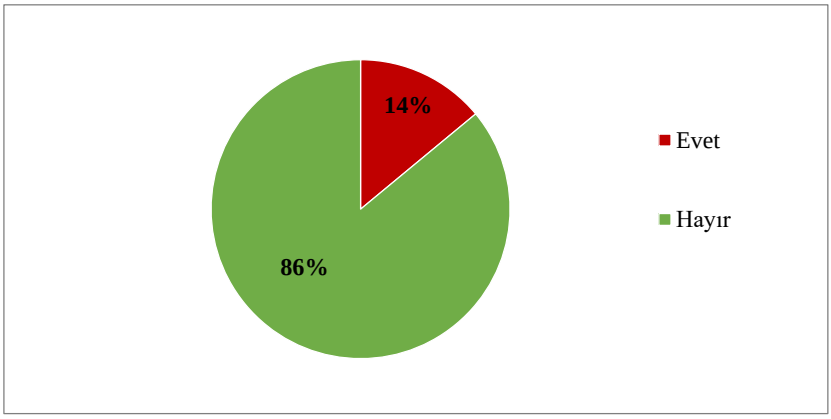
Grafik 4. Anket Sonuçlarına Göre Kask Kullanım Oranları



Kaynak: EPİ Bisiklet Kullanıcı Anketleri Saha Çalışması, 2018.

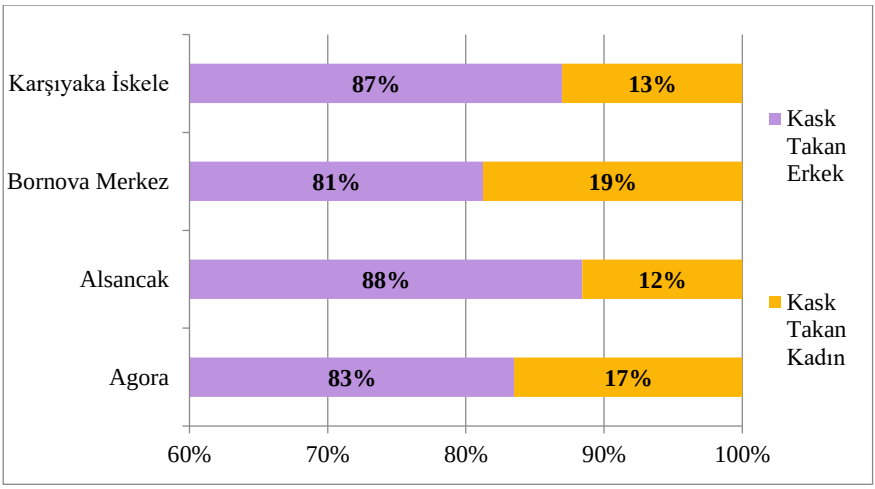
Kamera sayım görüntülerinden elde edilen sonuçlara göre, seçilen tüm bölgelerde bisikletlilerin kask kullanım oranları: İzmir Ulaşım Ana Planı (UPİ 2030) Önerileri Eylem Planları Yapım İşi anket sonuçlarının çok altında kalmıştır. Elde edilen sonuçlarda, tüm bölgelerdeki kasklı bisiklet kullanımı %14 olarak tespit edilmiştir. Bölgeler kendi içinde değerlendirildiğinde en yüksek kullanım oranı %19 ile Bornova Merkez Bölgesi iken en düşük oran %13 ile Karşıyaka İskele Bölgesi olduğu saptanmıştır.

Grafik 5. Sayım Sonuçlarına Göre Toplam Kask Kullanım Oranları



Bisikletli kullanıcıların bölgelere göre güvenlik amaçlı kask kullanım oranının cinsiyete göre dağılımı değerlendirildiğinde: en yüksek kullanımın Bornova Bölgesinde %19 oran ile kadın kullanıcıların olduğu tespit edilmiştir. Kask kullanım oranının erkek kullanıcılar için değerlendirildiğinde: %87 ile Karşıyaka Bölgesinde olduğu saptanmıştır.

Grafik 6. Bölgelere Göre Kask Kullanım Oranının Cinsiyet Dağılımı



Sonuç ve Öneriler

Kent içi ulaşımda artan yolculuk taleplerini karşılamaya yönelik, motorlu taşıtlara odaklı gelişme eğilimini teşvik etmek yerine; çevreye zarar vermeyen, toplumun tüm kesimi tarafından satın alınabilen, kullanıcıya ve kente ekonomik katkısı sağlayan: "bisikletli ulaşım" bir kent içi ulaşım türü olarak teşvik edilmelidir. Kentlerdeki ulaşım planlama çalışmalarında motorlu taşıt hareketliliğine çözüm önerisi getirmek yerine bireylerin daha özgür ve güvenli şekilde hareket etmelerini sağlayacak planlama yaklaşımı benimsenmelidir (Bozkurt, 2016).

Bu çalışmada, İzmir kent merkezinde ulaşım amaçlı bisiklet kullanımını değerlendirmek ve kullanıcı profilini belirlemek için kamera görüntüleri ile tespit ve sayım yöntemini kullanmış ve daha önce anket vb. yöntemlerle yapılan tespitlerden sayısal olarak farklılaşan gözlemler yapılmıştır. Bisiklet kullanıcılarının saatlik dağılımına bakıldığında ise kentteki taşıt trafiğinin yoğun olduğu saatlerde bisiklet kullanımının en yüksek değerlere ulaşıldığı tespit edilmiştir. Yapılan tespitler, hiçbir kolaylaştırma veya kentsel tasarım ölçeğinde hiçbir düzenlemenin yapılmadığı kent merkezlerinde dahi, yoğun bir bisiklet kullanım talebinin olduğunu gözler önüne sermiş, çok önemli bir potansiyeli ortaya koymuştur. Bu

potansiyelin farkına varmak, desteklemek, altyapı olanakları olmadan bisiklet kullanan kentlilerin can güvenliğini sağlamak, ulaşım verimliliğini arttırmak; hem yerel yönetimler hem de merkezi yönetim için öncelikli bir kamusal hedef olmalıdır.

Ulusal ölçekte bisiklet kullanımının yaygınlaştırılması, ülke çapında doğa koruma ve halk sağlığı alanların büyük kazanımlar sağlayabilecek bir kamusal hedeftir. Bu amaçla, her yaş grubunda ve cinsiyette insanın bisiklet kullanımının kolaylaştırılmasına yönelik stratejik planlar yapılmalı, ülkemizdeki tüm kentlerde bu yönde atılacak adımlara yol gösterecek tasarım rehberleri oluşturulmalıdır.

Kent topografyasının bisiklet yollarına uygun olmadığı yerlerde bisikletli ulaşımın sağlanması için ulaşım türleri ile entegrasyonun sağlanması gereklidir. Bisikletli ulaşımdaki kullanıcı profil yelpazesini genişletmek ve kadın kullanıcıların daha aktif rol almasını sağlamak amacı ile kamu kurumları, sivil toplum örgütleri gibi platformlarla işbirliği yapılarak organizasyonlar, paneller düzenlenmelidir. Bisikletli ulaşımda güvenlik önlemlerinin alınması konusunda okullarda ve çeşitli organizasyonlarda bu konu üzerinde paneller düzenlenerek bisikletin teşvik ve farkındalığının arttırılması sağlanmalıdır.

Bisiklet kullanımını yaygınlaştırmak, kent içi ulaşımda daha etkin kullanımını sağlamak amacı ile öncelikli olarak kentin gelişim alanlarında bisiklet yollarına duyulan ihtiyaç göz önünde bulundurulmalıdır. Yeni planlanan bölgelerde bisiklet yolları, taşıt ve yaya yolları gibi: bütüncül bir yaklaşım ile sistemli olarak planlanmalıdır.

Kaynaklar

Akı, B. (2015). Sürdürülebilir ulaşım planlamalar ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri. *2nd International Sustainable Buildings Symposium*, 577-581.

Ajuntament de Barcelona. (2018). *Dades basiques de mobilitat 2017*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.

Bozkurt, H. (2016). Bisiklet ulaşımı planlaması bilecik örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 625-633.

Anonim, (2010). *Copenhagen city of cyclists*. Copenhagen: Technical and Environmental Administration.

Anonim, (2016). *Copenhagen City of Cyclists the Bicycle Account*. Copenhagen: Velo-city.

EPİ Bisiklet Kullanıcı Anketleri Saha Çalışması. (2018). *EPİ Yeni Bilgiler ve Mevcut Bilgiler Raporu*. İzmir: İzmir Büyükşehir Belediyesi.

Garcia, J. (2010). *Barcelona urban mobility master plan (PMU).* Barcelona: Ajubtament de Barcelona.

Anonim, (2012*). Melbourne bicycle plan 2016-2020.* Melbourne: City of Melbourne.

Anonim, (2016). *Bicycle Plan-2016-2020.* Melborne, internet adresi: melbourne.vic.gov.au/participate.

Special Eurobarometer 422a Quality of transport. (2014, December). Overview table of the national cycling strategies in Europe. National cycling policies: internet adresi: ecf.com

Sustainable Urban Mobility Plan Bremen 2025. (2016). *Sustainable urban mobility plan Bremen 2025.* Bremen: Department for Environment, Construction and Transport.

TÜİK, ADNKS Verileri. (2018). TÜİK. Türkiye İstatistik Kurumu, internet adresi: http://tuikapp.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr

Urban Mobility Strategy. (2012). *Urban mobility strategy*. Stockholm: The City of Stockholm Traffic Administration.

Uz, V.E., & Karaşahin, M. (2014, Ocak). Kentiçi ulaşımda bisiklet. *TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri*, 41-42.

Yaklaşımlarında Bilgi Teknolojilerinin Etkisi: Üretken Biçimlendirme Yaklaşımları, *Social Science Development Journal,* 3(9), 94-101.

Çağdaş, G., Bacınoğlu, S. Z. ve Çavuşoğlu, Ö. H. (2015). Mimarlıkta Hesaplamalı Yaklaşımlar, *dosya* dergisi, 35(2), 33-42.

İnt.-1: Scientists Made Spider Silk Without Any Spiders, URL: https://www.vice.com/en_us/article/78xaja/scientists-made-spider-silk-without-any-spiders, Son Erişim Tarihi: 10.06.2019.

İnt.-2: Federal Republic of Germany Pavilion, URL: https://www.westland.net/expo67/map-docs/germany.htm, Son Erişim Tarihi: 05.06.2019.

İnt.-3: Biomimetic Architecture: Sagrada Familia, URL: https://steemit.com/architecture/@snaves/biomimetic-architecture-sagrada-familia, Son Erişim Tarihi: 05.06.2019.

İpek, Y. (2014). *Hesaplamalı Tasarım Yaklaşımları: Bütünleşik Bir Tasarım Önerisi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karabetça, A. R. (2015). *Doğadan Esinlenmiş Tasarımlar: Tasarım Stratejisi Olarak Biyomimikri*, 4. Ulusal İç Mimarlık Sempozyumu, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul,101-113.

Minsolmaz Yeler, G. (2012). *Mimarlıkta Biyomorfizm,* Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Novak, A. (2015). *Application of Voronoi diagrams in contemporary architecture and town planning*, Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland.

Rokicki, W. And Gawell E. (2016). *Voronoi diagrams – rod structure research models in architectural and structural optimization*, Mazowsze Studia Regionalne 19, 155-164.

Shadmand, S. (2015*). Biçim Oluşturmada Doğadan Yararlanılarak Üretken Bir Sistemin Denenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Troche, C. And Zimmermann G. (2007). *The Radiolaria Project*, In Predicting the Future: 25th eCAADe Conference Proceedings, Frankfurt am Main, Germany: Faculty of Architecture and Civil engineering, 621-628.

Yoshıno T., Matsuoka A., Kurıhara T., Ishıda N., Kıshımoto N., Kımoto K. and Matsuura S. (2012). Application Of Voronoi Tessellation Of Spherical Surface To Geometrical Models Of Skeleton Forms Of Spherical Radiolaria, *Forma*, 27, 45–53.

Zenter, Ö. (2018). *Mimari Tasarımda Biyomimetik Yaklaşımların İşlevsel Esneklik Amaçlı Kullanımı,* Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

BİÇİM GRAMERİ İLE KENT STRÜKTÜRÜ ÜZERİNE DENEMELER

Ayşenur KOÇ[1*], Elif ÇAM[2*], Arzu ÖZEN YAVUZ [3+]

[1] *Mimarlık Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*
[2] *Grafik Tasarım Bölümü,Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye*
[3]*Mimarlık Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*
[+]*Konuşmacı: mimaraysenurkoc@gmail.com*
Sunum/Kağıt türü: Sözlü / Özet

Özet – Bireyler birbirleri ile olan ilişkilerini dil aracılığı ile sağlamaktadırlar. Dil anlatılmak istenilen düşüncelerin aktarılmasında kullanılan soyut bir ifadedir. Düşünceler, bir takım sembollerin belirli kural dizileri ile bir araya getirilmesi ile aktarılır. Sözcükler bir düzen içerisinde bir araya gelerek cümleleri oluşturur. Bu bağlamda bakıldığında dilin yapısı ile mimari tasarım arasında büyük benzerlikler mevcuttur. Mimari tasarımda da var olan bileşenler belli bir düzen içerisinde bir araya gelerek yeni tasarımları oluşturur. Bu düzen mimaride biçim gramerleri ile ifade edilmektedir. Bu çalışmada da kentsel strüktür kavramı, kenti oluşturan bina ve sokakların bir araya gelme durumları bağlamında biçim grameri ile anlatılmıştır. Binalar ifade eden bir biçim ve sokakları ifade eden ikinci bir biçim seçilerek, farklı aile tipleri ile farklı uzunlukta sokakların bir araya gelme kuralları belirlenmiş ve sonuçta kent strüktürünün farklı bileşenlerin bir araya gelmesi ile oluşabilecek farklı alternatifleri belirlenmiştir. Sonuç olarak genel anlamda taşıyıcı elemanlar olarak tanımlanan strüktür kavramı, biçim grameri ile yapılan bu çalışmada kentsel ölçekte sokakların ve binaların bir araya gelerek oluşturduğu bir bütün olarak tanımlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biçim Grameri, Kentsel Strüktür, Strüktüre etmek

1.GİRİŞ

Bireyler birbirleri ile olan ilişkilerini dil aracılığı ile sağlamaktadırlar. Dil anlatılmak istenilen düşüncelerin aktarılmasında kullanılan soyut bir ifadedir. Düşünceler, bir takım sembollerin belirli kural dizileri ile bir araya getirilmesi ile aktarılır. Sözcükler bir düzen içerisinde bir araya gelerek cümleleri oluşturur. Bu bağlamda bakıldığında dilin yapısı ile mimari tasarım arasında büyük benzerlikler mevcuttur. Mimari tasarımda da var olan bileşenler belli bir düzen içerisinde bir araya gelerek yeni tasarımları oluşturur. Bu bağlamında kenti oluşturan diller sokaklar, meydanlar, binalar gibi dolu ve boş mekanlanlardır. Kentler bu birimlerin biraraya gelmesi ile oluşmaktadır.

Bu çalışmada da kentsel strüktür kavramının, kenti oluşturan bina ve sokakların bir araya gelme durumları bağlamında biçim grameri ile anlatılması hedeflenmiştir. Kentsel strüktür kavramının bir küpün strüktüre edilerek soyutlanması ile anlatılması amaçlanmıştır.

Kenti oluşturan dolulukları (bina), kentteki boşlukları (sokak) birer birim olarak soyutlayarak dolu – boş, sürekli – süreksiz, kurallı – kuralsız ilişkilerle kübün hacmi yeniden strüktüre edilmiştir.

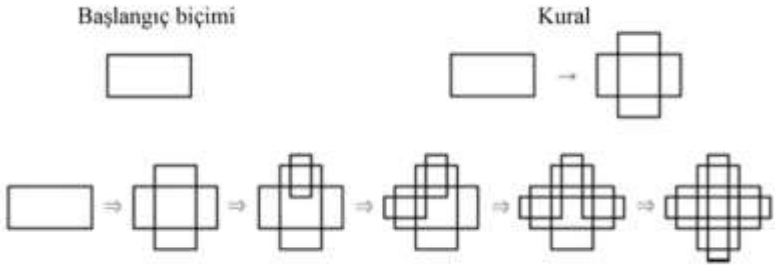
2.DİL VE MİMARLIK

Louis Sullivan, her cephenin arkasında o cepheyi tasarlayan kişinin yüzünün göründüğünü söyleyerek tam olarak ifade etmese de "mimari dil" kavramına işaret etmektedir. Her tasarım, tasarımcının hikayesinin bir bölümünü yansıtmaktadır. Ve aynı zamanda her tasarım, tasarımcısının da öngöremediği biçimde kullanıcıları üzerinde farklı etkilere sahiptir. "Karmaşık yapısına rağmen her mimar bir şekilde bir tasarım felsefesi yaratmaya, tasarımlarında kullanacağı bir grup prensipler/kurallar ortaya koymaya gayret eder. Bu yaratılmaya çalışılan tasarım dili stildir. ... Bu prensiplere nasıl ulaşıldığı, nasıl desteklenip kabul göreceği ve bunların nasıl uygulanacağı bu teorinin problemidir."(Aksoy; 2001)

Aldo Rossi, tasarım yapmanın seçim yapmak olduğunu söylemiştir; mimar ekonomik, teknik ve örgütlenmeye ilişkin herhangi bir etkinin dışında kendi özgün seçilimleri içerisinde hareket etmektedir: "Soyut mimarlık yoktur, soyut bir bina olamaz, her pencere, her kapı, cephedeki her kesit, somut bir şekilde saptanmalıdır. Yeri, büyüklüğü, biçimi, eklemlenişi, yapısı ve malzemesi açısından bu da, ortaya çıkan her binanın, başka mesajların yanı sıra, bize, mimarın kendi kişisel seçimini ve kararlarını iletmesi, bunları temsil etmesi, anlamına gelir. Böyle baktığımızda, her bina kişisel bir anlatımdır, dolayısıyla da dilsel bir edimdir." (Fischer, 1991) .

3.BİÇİM GRAMERİ

Sekiller üzerinden bir çalışma yapılacağı zaman kuralların sözel ifadesi yetersiz kalmaktadır. Çünkü biçimlere ait özellikleri kelimelerle ifade etmek zordur. Biçim grameri kuralları ise biçimleri formüle etmek için grafiksel bir yol sunmaktadır (Flemming, 1987). AxB formatındaki kurallardan oluşan set ile biçim grameri içinde, eldeki şekillerden yeni şekiller veya tasarımlar üretilebilir (Flemming,1987).



Şekil 1: Başlangıç şekline kuralın uygulanması (Knight ve Stiny, 2001)

Bireylerin birbirleriyle ve çevresiyle iletişimini sağlayan en önemli araç; sembollerden ve işaretlerden oluşan dildir. Dil, doğal ve yapay olarak iki gruba ayrılabilir. Mimari dil, doğrudan doğruya bir kuşaktan diğer kuşağa aktarıldığı için doğal bir dildir. İster bir döneme ait olsun, isterse de bir mimara, mimari bir dilin, sözlük elemanlarından, elemanlar arası tanımlanmış ilişkilerden ve bu elemanların bir araya gelmelerini sağlayan gramer kurallarından oluşan özgün bir yapısı vardır. (Gücüyener, B., 1998)

Dil ve mimarlık arasındaki benzerlik uzun zamandan beri kabul edilmektedir. Dilbilimde kullanılan gramerler, biçim gramerlerinin oluşturulmasında ilk fikri vermişlerdir. Aynı dilbilimdeki gibi, biçim gramerinin de sözlük elemanları ve elemanlar arası ilişkiyi sağlayan kuralları vardır. Cümle yapılarındaki gramerler bir sembol ifadesiyle tanımlanırken; biçim gramerleri ise biçim alfabesiyle tanımlanmaktadır. Dil bilimin görevi dili ayrıştırmak ve oluşturulan kuralların kesin olarak neler olduğudur. Biçim gramerlerinde yakın bir benzerlik vardır, cümlenin oluşu biçimlerin oluşması gibidir. Biçim grameri daha önceden oluşturulmuş kurallar dizisidir. Bu kurallar bir çok değişik şekilde, biçimlerin dilini üretmek için kullanılabilir. Her biçim gramerinin kendine özgü bir dili vardır: biçim gramerleri biçimsel kelimelere veya stillere bağlı değildirler (Wojtowicı, Fawcett, 1986, s. 30).

Biçim grameri üzerine yapılan ilk çalışmalar analiz ve kritik amaçlı olup bir tasarım dilinin biçimsel oluşum kurallarını analiz ederek görünür hale getirmeyi hedeflemektedir (Stiny, 1980). Günümüzde yapılan çalışmalarda biçimsel bilgiyi ve bütün güçlüklerine rağmen tasarımda el ile yapılan işlemleri simgeleyen modellere ihtiyaç duyuyoruz ki bu biçimsel modeller tercihen yalnızca geometrik modeller gibidir. Biçim grameri bu tür modellerin bir örneğini simgeler ve karşılaştırıldığında nispeten daha yüksek seviyedeki tasarım bilgisini oluşturur. Örneğin, basit gruplaşmalarda genelleştirmek için simetri işlemlerinin kullanılması gibi (Oxman, Oxman, 1990, s.171)

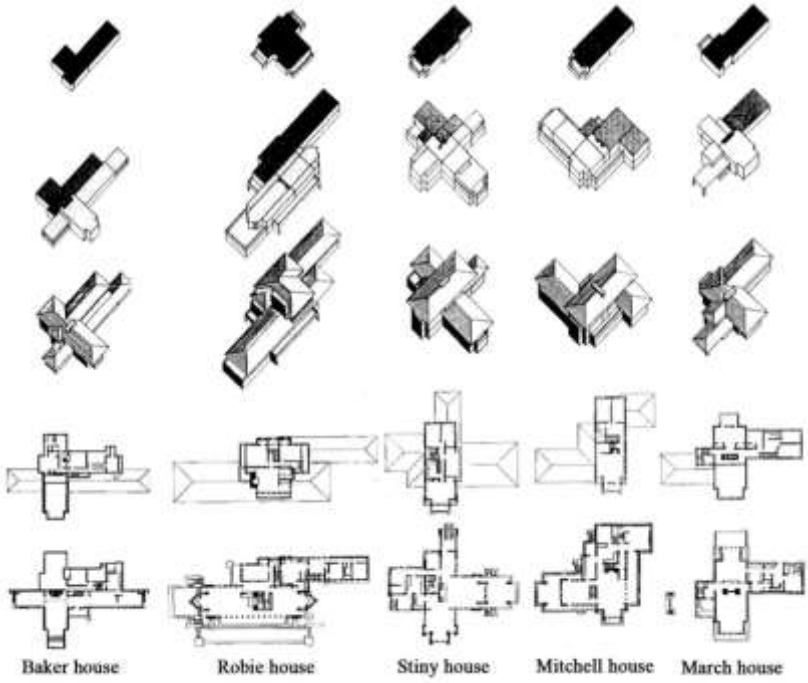
Biçim grameri bir biçim dağarcığına, uzamsal ilişkileri tanımlayan biçim kurallarını ve biçim dağarcığında yer alan başlangıç biçiminden oluşur. Türetme başlangıç biçimiyle başlar ve kurallar uygulanarak dönüştürülür. Tek bir biçim grameri birçok biçim üretebilir. (Stiny ve Gips, 1972). Tasarımın doğası gereği biçimler dönüşüm ve değişimlere açıktır. Bir sözlük olan şekil seti üzerinde yapılan toplama, çıkarma, yerini alma ve bir takım parametrik değişikliklerle yeni şekiller oluşturulabilir. Biçim gramerinin önemli bir özelliği de, geri izlemeye (back-tracking) imkan vermesidir. Yani, alternatifleri deneme amacıyla, çıkarsamasındaki bir önceki şekle dönebilme özelliğine sahiptir. (Velibaşoğlu, E., 1995)

3.1.BİÇİM GRAMERİ ÖRNEKLERİ

Frank Lloyd Wright Kır Evleri

1981 yılında Koning ve Eizenberg tarafından geliştirilen çalışma, Frank Lluyd Wright'ın kır evlerinin biçim kuralları incelenmiş ve bu kuralların yeniden üretime olanak sağladığı tespit edilmiştir.

11 kır evi üzerinden yürütülen çalışma, başlangıç biçimi olarak dikdörtgen prizmalar kullanılmıştır.Yüksekliği sabit ancak boy ve enleri değişken olan bloklarda, şömine yeri kilit rol oynamaktadır (Çin Buz Işınlarındaki nokta gibi). Şömine yerleşiminden sonra başlayan üretim sürecinde 18 adet kural vardır. Bu kurallar uygulanarak 89 farklı kır evi üretilmiştir.



Şekil 13 : Var olan ve üretilmiş kır evleri (Konning ve Eizenberg 1981)

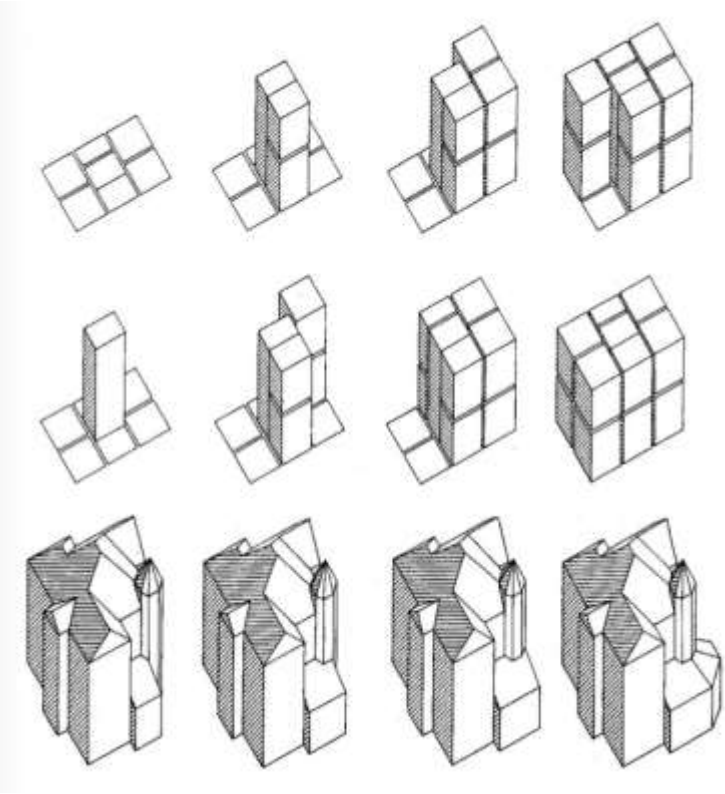
Sonuç olarak Wright'ın yaptıklarından farklı olarak, Wright'ın kır evlerini üreten biçim gramerleri geliştirilmiştir.

Knight da 1994 yılında, gramerdeki küçük bir değişimin sonuçlarındaki dikkat çekici değişimi göstermek amacıyla Wright'ın erken dönem kır evlerini geç dönem Usonian evlerine dönüştüren bir çalışma yürütmüştür (Aksoy,2001).

Queen Anne Evleri

1880 yılında başlayıp, 30 yıl boyunca oluşum süreci. geçiren ve yerel bir mimari akımın sonucunda Amerika'da ortaya çıkan bu evler, 1987 yılında Ulrich Flemming tarafından analiz edilmiştir.

Flemming bu evlere ait karmaşık çatı formlarından üretilebilecek 3 kural ile sayısız tasarım türetilebileceğini saptamıştır(March and Tapia, 1997).



Şekil 14 : Queen Anne Evleri üretim süreci(Flemming, 1987)

Plandaki ilişkilerin üçüncü boyutta da araştırıldığı ilk çalışmadır. İlk aşamasında 2 boyutlu plan üretilip ikinci aşamasında yapıya üçüncü bir boyut kazandırılma ile yapılan 2 aşamalı bir çalışmadır.

4.ALAN ÇALIŞMASI

Strüktüre etmek taşıyıcıdan ziyade doluluk ve boşlukları tasarlamak, organize etmek demektir. Tasarımın başlangıcından itibaren atılan her adımda strüktür geliştirilip sonuç ürüne katkı sağlanır. Atılan adımlar kullanılan yönteme göre

değişiklik gösterir. Bu çalışmada "Biçim Grameri" yöntemi kullanılarak küpün strüktüre edilmesi amaçlanmıştır.

Kentsel tasarım yapılırken de kent içerisindeki doluluk ve boşluk oranına dikkat edilmektedir. Dolayısıyla strüktüre etmek kavramı kent tasarımında da karşımıza çıkmakta ve bir kenti strüktüre etmek tanımı ile birleşmektedir. Kenti strüktüre ederken, kent içerisindeki birimlerin işlevsel özelliklerine göre farklılıklar meydana gelecektir. Bir çok girdinin bulunduğu kent strüktüründe binalar büyük bir yer kaplamaktadır. Bu çalışmada ise kent strüktüründe bina ve sokak yapısı üzerinde biçim grameri ile denemeler yapılması amaçlanmıştır.

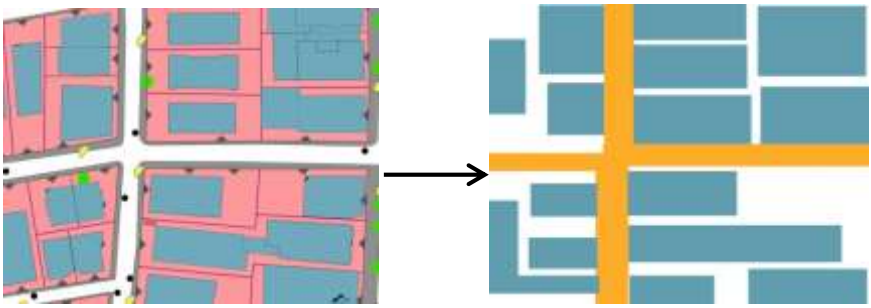
Bu çalışmada kentsel strüktür kavramı, kenti oluşturan bina ve sokakların bir araya gelme durumları bağlamında biçim grameri ile anlatılmıştır. Binaları ifade eden bir biçim ve sokakları ifade eden ikinci bir biçim seçilerek, farklı aile tipleri ile farklı uzunlukta sokakların bir araya gelme kuralları belirlenmiş ve sonuçta kent strüktürünün farklı bileşenlerin bir araya gelmesi ile oluşabilecek farklı alternatifleri belirlenmiştir. Sonuç olarak genel anlamda taşıyıcı elemanlar olarak tanımlanan strüktür kavramı, biçim grameri ile yapılan bu çalışmada kentsel ölçekte sokakların ve binaların bir araya gelerek oluşturduğu bir bütün olarak tanımlanmıştır.

Alan çalışması iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşama kentteki dolu – boş, sürekli – süreksizlik, kural – kuralsızlık için yapılan analiz aşamadır. İkinci aşamda ise belirlenen parametreler üzerinden biçim gramerinin kurallarının oluşturulmuştur. Bunun için farklı kentsel parametreleri taşıyan 3 farklı kural seti belirlenmiştir.
Kentteki dolu – boş ilişkisi gözönünde bulundurularak birim hacmi tanımlayan küpün bu ilişki ile yeniden strüktüre edilmesi amaçlanmıştır.

4.1.Analiz Aşaması

Analiz aşamasında plan düzleminde sokaklar ve binalar baz alınmıştır. Binaların ve sokakların kent düzleminde analizleri yapılarak biçim grameri kuralları belirlenmiştir. Kentlerin dolu - boş, süreksiz – sürekli, bina – sokak analizleri yapılmıştır.

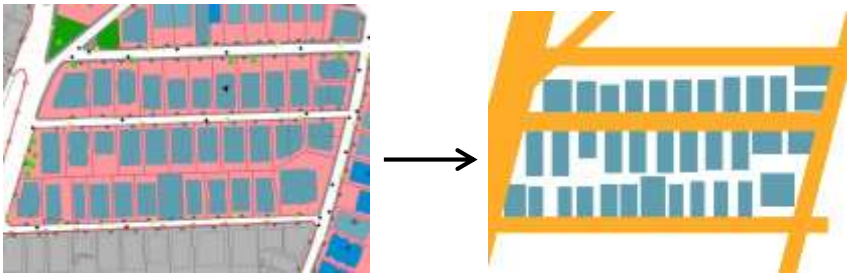
1. Analiz



Kent Planı Dolu – Boş Analizi

Bu analizde mavi renkli birimler binaları, turuncu renkli birimler ise sokakları ifade etmektedir. Birim büyüklük baz alındığında, sokakların ve binaların büyüklüklerine göre belli sayıda birimlerin yanyana gelmesi ile oluştuğu gözlemenmektedir. Sokaklar sürekliliğini koruyarak birbiri ardısıra devam etmiştir. Binalar ise sürekliliğin arasında oluşan boşluklarda sokaklara eklemnerek kendine yer bulmuştur.

2.Analiz



Kent Planı Dolu – Boş Analizi

Bu analizde mavi renkli birimler binaları, turuncu renkli birimler ise sokakları ifade etmektedir. Birim büyüklük baz alındığında, sokakların düzenli bir şekilde sürekliliğe sahip olduğu, birbirine yakın büyüklükteki binaların da düzenli bir şekilde sıralanıp sokaklar ile birleştiği gözlemlenmektedir. Bu kent dokusunda sürekliliğin düzenli bir şekilde devam etmiş olması ön plandadır.

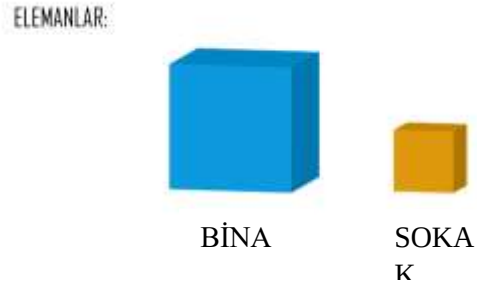
4.2.Biçim Grameri Kurallarının Belirlenmesi ve Kent Strüktürünün Soyutlanması

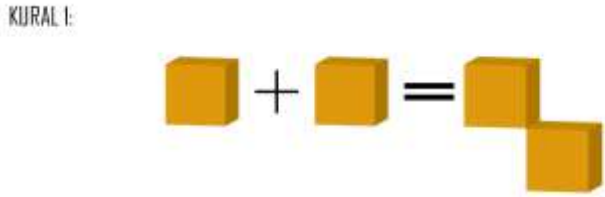
Kentin strüktüre edilmesi kavramı üzerinden denemeler yapılan bu araştırmada kent dokusunun analizleri yapılmıştır. Daha sonda bu analizler baz alınarak biçim

grameri ile tanımlanan 3 farklı çalışma yapılarak, sonuç ürünler karşılaştırılmıştır.

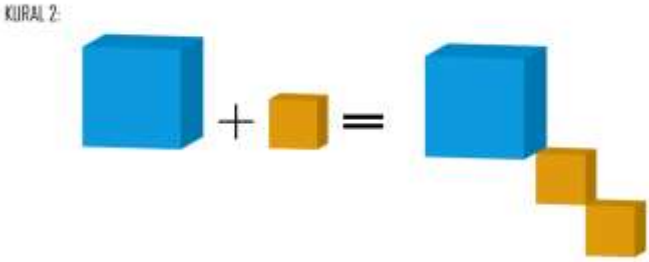
1.Kural Seti

Öncelikle elemanlar belirlenmiştir. Binayı soyutlayan süreksizlik büyük küp, sokağı tarifleyen süreklilik küçük birim küp veya dikdörtgenler prizması ile belirlenmiştir. Daha sonra soyutlayan süreklilik ve süreklilik ilişkileri belirlenen kurallar çerçevesinde biraraya getirilmiştir. Aslında kent sadece belirlenen bu dolu birimlerin biraraya gelmesi ile oluşmamaktadır. Kentteki diğer boşlukları tanımlayan (bahçe, meydan vb. gibi) mekanların da bir araya gelmesi ile oluşan bir bütündür. Strüktüre edilen küp yalnızca dolu birimlerin biraraya gelmesi ile oluşmamakta, dolu birimlerin ve boşlukların biraraya gelmesi ile oluşmaktadır.

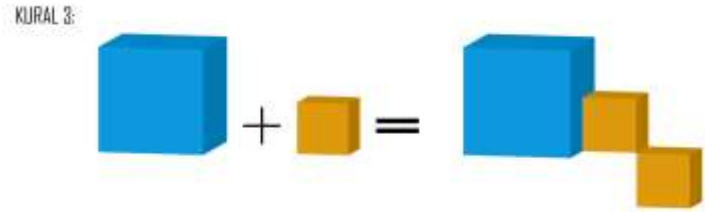




Eğer 1 sokak tek başına ise 2. bir sokakla çizgisel olarak birleşmelidir.

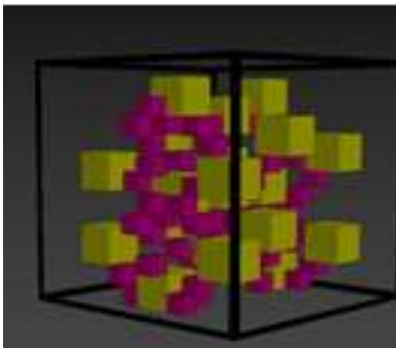


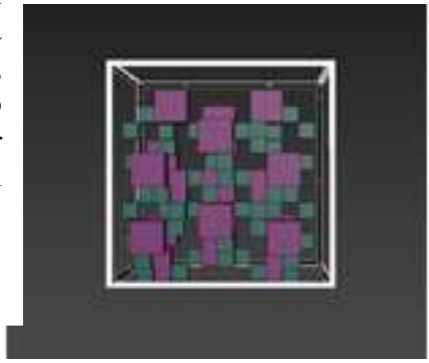
Bir bina 1. kuralla birleşmiş olan sokaklarla çizgisel olarak birleşebilir.



Bir bina 1. kuralla birleşmiş olan sokakların köşeleriyle birleşebilir.

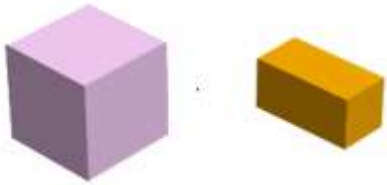
Bu çalışma için belirlenen kurallara göre 2 sokak sadece 1 şekilde bir araya gelebilirken sokakların bir araya geliş biçimleri her binaya 2 farklı şekilde eklenmelidir. Fakat bu çalışmada, kullanılan biçimlerin birleşmelerinin çizgisel olmasından kaynaklı strüktüre etme sorunları yaşanabilineceği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda ortaya çıkan biçim, ayakta durmak için küp çerçeveye ihtiyaç duymaktadır ve bu yeterince iyi bir öneri olmadığını kanıtlar.





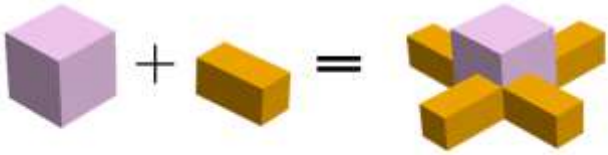
2. Kural Seti

ELEMANLAR



KURAL 1:

BİNA SOKAK

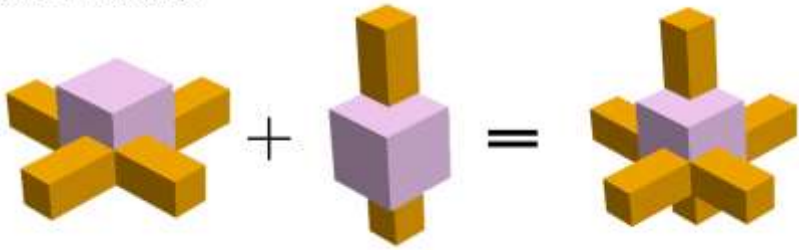


Her binanın 4 kenarına yatay olarak sokak eklenmelidir.

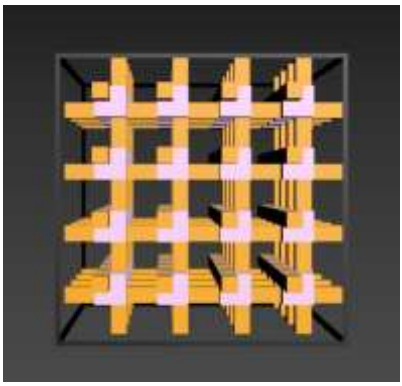
KURAL 2:

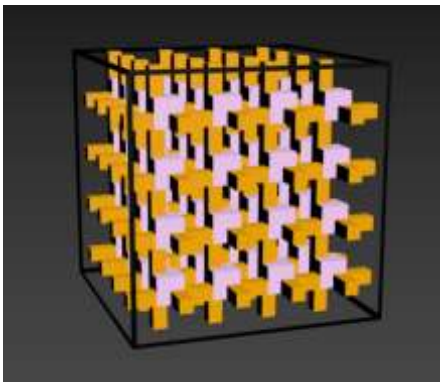
Her binanın 2 kenarına dikey olarak sokak eklenmelidir.

KURAL 1 + KURAL 2:



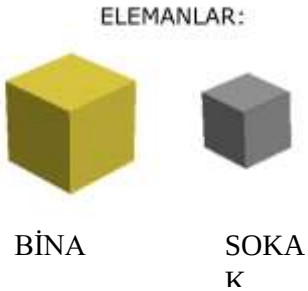
1. ve 2. kural birleştirilip yeni bir kural olarak uygulanmalıdır.

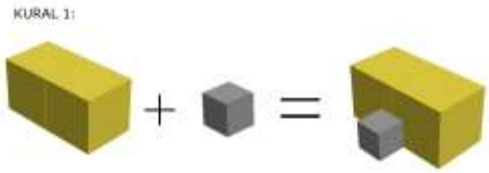




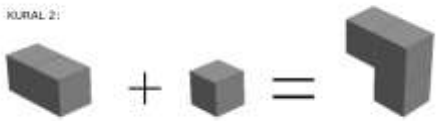
Bu çalışma için belirlenen kurallara göre her binaya önce 4 adet sonrasında da 2 adet sokak eklenmelidir. Bu iki kuralın birleşimi yeni kural olarak belirlenip tasarım devam ettirilmelidir. Bu çalışmanın çok simetrik olduğu ve kendisini çok tekrar ettiği görülmüştür bu sebeple kent dokusunu yeterince iyi anlatamamaktadır. Fakat yine de ayakta durmak için küp çerçeveye ihtiyaç duymaması bakımından iyi bir örnek olmuştur.

3.Kural Seti

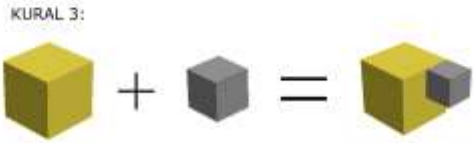




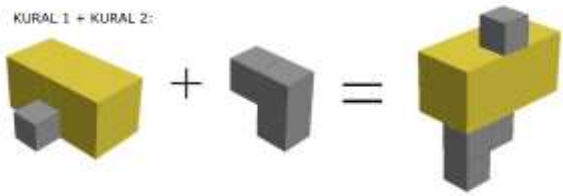
Eğer 2 bina yan yana gelmiş ise ortalarına 1 sokak eklenmelidir.



Eğer 2 sokak yan yana gelmiş ise 3. bir sokak eklenmelidir.

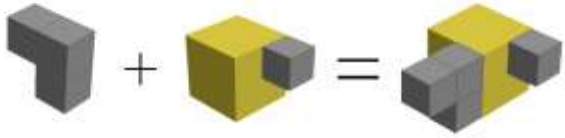


Eğer 1 bina tek başınaysa kenarlarına sokak eklenebilir.

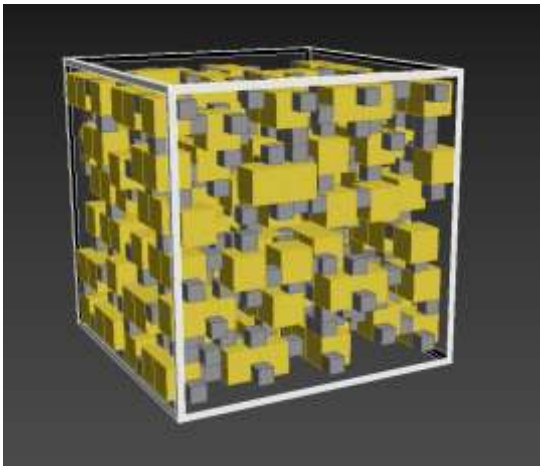


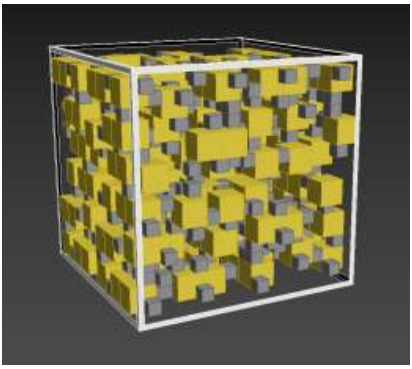
1. ve 2. kural birleştirilebilir.

KURAL 2+ KURAL 3:



2. ve 3. kural birleştirilebilir.





Bu çalışma için belirlenen kurallara göre; eğer 2 bina yan yana gelirse ortalarına 1 sokak eklenmelidir, eğer 2 sokak yan yana gelmiş ise 3. sokak eklenmelidir ve eğer bir konut tek başınaysa kenarlarına sokaklar eklenmelidir. Bu kurallar uygulanarak tasarlanan biçim seti için çok simetrik olmayan ama dengeli bir model hedeflenmiştir. Model belirlenen kurallara uygun birleşimleri sayesinde küp çerçeveye ihtiyaç duymadan kendini strüktüre edebilen bir sisteme dönüşmüştür.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Biçim gramerleri, 70'li yıllarda George Stiny ve James Gips tarafından ortaya konulan, tasarımın ve tasarım grubunun temelindeki özellikleri ve formal düzenleri keşfetme yönelik, ayrıca aynı özelliklere sahip farklı tasarımlara ulaşma konusunda kullanılan bir yöntemdir.

Kentin strüktüre edilmesi kavramı üzerinden denemeler yapılan bu araştırmada süreklilik, dolu – boş, kurallılık – kuralsızlık kavramlarından yola çıkılarak biçim grameri çalışması yapılmıştır.

Bu çalışma biçim grameri ile kentsel strüktür kavramının bir küpün strüktüre edilerek soyutlanması üzerine bir deneme olarak yapılmıştır.

Biçim grameri ile strüktür tasarımı, taşıyıcı sistem olarak alışılagelen tanımı dışında ele alınarak soyut bir kavram olarak değerlendirilmiştir.

Biçim grameri, bilgisayar ortamında zihinsel eylemlerin kullanılmasına olanak vermiştir.

Strüktür geleneksel anlamda taşıyıcı elemanlar olarak tanımlanırken, biçim grameri ile yapılan bu çalışmada kentsel strüktür kavramının doluluk ve boşlukları tasarlamak, organize etmek olarak tanımlandığı saptanmıştır.

KAYNAKLAR

AKSOY, M., (2001). Varolan Tasarım Dilleri ve Yeni Tasarım Dilleri Bağlamında Biçim Grameri Analizi, Doktora Tezi - İTÜ

FİSCHER, G., (1991). Mimarlık ve Dil, DAİMON Yay., İstanbul 2015, (ilk basım: Karl Krämer Verlag,)

FLEMMİNG, U., (1987). The role of shape grammars in the analysis and creation of design, in Computability of Designs, s. 245-272, New York

WOJTOWİCZ, J., FAWCETT, W., (1986). Architecture: Formal Approach, Academy Editions, London, England

KONNİNG, H. ve EİZENBERG J., (1981). The language of the prairie: Frank Lloyd Wright's prairie houses, Environment and Planning B 8; 295-323

MARCH, L. ve TAPİA, M., (1997). White Paper: Shape Computation, Symposium on Design and Computation, California Uni., Los Angeles (UCLA),

GÜZELCE, O.Z., (2012). Amasya Yalı Boyu Evleri Üzerine Bir Biçim Grameri Çalışması, Yüksek Lisans Tezi- İTÜ

SAĞLAM, N.D., Bir Analiz Yöntemi Olarak Biçim Gramerleri

GÜCÜYENER, B., (1998). Boğaziçi Yalılarında Cephenin Biçim Grameri, Yüksek Lisans Tezi- İTÜ

VELİBAŞOĞLU, E., (1995). Mimari Bir Dilin Biçim Grameri Analizi ve Bilgisayar Ortamında Sunumu, Yüksek Lisans Tezi- İTÜ

OXMAN, R., (1990). The Computability of Architectural Knowledge

BİYOMİMESİSİN AYÇİÇEĞİ BİTKİSİ ÖRNEĞİ İLE KÜPE STRÜKTÜRE EDİLMESİ

Beyzanur Tuhan*

*Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Ankara

E-mail: beyzanurtuhan@gmail.com

Merve Yolcu**,Arzu Özen Yavuz***

,*Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Ankara

ÖZET

20. yüzyılın sonlarında itibaren, tasarım ve mimarlık alanı farklı bir duruma doğru evrilerek, doğanın mevcut durumu ve doğal kaynakların hızlı tüketiminin yaratacağı olası kötü senaryolar karşısında, doğayı temel alan yaklaşımlarla yeni bir teorik ve pratik çerçeve sağlamayı hedeflemiştir. Bu doğrultuda ortaya çıkan ve doğadan etkilenerek oluşturulan Biomimesis kavramı, biyos-hayat ve mimesis-taklit etmek köklerinden gelen ve benzer şekilde "Biyomimetik", "Biyomimesis", "Biyognosis" ve "Biyonik" terminolojileri ile de karşımıza çıkan bu terim farklı disiplinlerde "doğadan öğrenerek" daha ileri teknolojiler geliştirilmesine yönelik araştırma ve çalışmalar için kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında da bir küpün strüktüre edilmesinde doğayı temel alan yaklaşımların denenmesi hedeflenmiştir. Bunun için ayçiçeği bitkisindeki yön değiştirme ve altın oran kullanılması amaçlanmıştır.

Ayçiçeği tomurcuklarını gövdeye bağlayan ve yastıkçık olarak isimlendirilen esnek kısımdaki hücreler ayçiçeklerinin Güneş'e göre hareketinden sorumludur. Yastıkçık bölümündeki hücrelerin içindeki suyun hücre duvarına uyguladığı basıncın artıp azalması, gövdenin bu esnek bölümünün bir tarafının gerginliğini kaybetmesine, diğer tarafının ise sertleşmesine neden olur. Bu durum ayçiçeklerinin yön değiştirmesini sağlar. Aynı zamanda Ayçiçeği bitkisinde bulunan altın oran doğada da birçok varlıkta kendini göstermektedir. Projenin ana hatlarını oluştururken referans noktası olarak altın oran ve fibonacci sayılarının hem strüktürel anlamda hem de dönme hareketi olarak görünüşte küpe nasıl etki edeceğine dair sayısal veriler oluşturulmaya çalışılmıştır. Sayısal veriler özellikle küpün birimlerini oluştururken daha sonra ki küpte elde edilen doluluk boşluk olarak hareket mekanizmasını oluşturmada büyük bir etken teşkil etmiştir.

Ana küpün alt birimleri olarak ortaya çıkan daha küçük birimler tasarım da dönme hareketine karşılık gelecek şekilde güneş ışığına maruz kalınca güneşin vurduğu bölgede ki parçalar ana küpten boşaltılması hedeflenmiştir. Doluluk boşluluk ilişkisi 3. boyutta X,Y ve Z eksenlerinde farklı kompozisyonlarda ayçiçeğinin hareket etme özelliğine öykünerek boşaltmalar yapılmıştır. Oluşan kompozisyonlar karşılaştırılarak deneyimlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Küp, Strüktüre etmek, Biyomimesis, Ayçiçeği, Altın oran

1. GİRİŞ

'Mimarlık, bir sanat olarak insanın yarattığı bir şeydir. Bu tür bir yaratıyı gerçekleştirebilmek için, doğa nesneleri yaratmak için nasıl bir yol izliyorsa aynı yolu biz de izlemeliyiz. Doğanın kullandığı elemanların ve mantıksal yöntemlerin aynısını kullanmak zorundayız; aynı yasalara uymak zorundayız.'

Eugene-Emmanuel Viollet-Le-Duc

Antik dönemlerden itibaren yaratılan ilk mimarlık nesneleri ile beraber, biyolojinin mimarlık üzerindeki etkisini görebilmek mümkündür. İnsanoğlu doğal fenomenleri inceleyerek taklit ederek kendilerine barınaklar yaratma girişiminde olmuşlardır. Bucky Fuler'e göre ise insanoğlu doğayı taklit etmenin ötesinde, doğanın kullanmış olduğu kuralları bulmaya çalışmıştır (Berkebile ve Mclennan, 2011). Biyomimesis, doğadan esinlenilerek, doğayı taklit ederek birçok başka alanda uygulanan bir yaklaşımdır ve mimarlık alanında da doğada var olan estetik, fonksiyon, form-malzeme ve strüktürün bir arada şekillendiği bir düşünce biçimi ve tasarım yöntemi olarak kullanılabilir. Vincent biyomimesisi 'doğadaki iyi tasarımın soyutlanması' olarak tanımlamaktadır. Bu ifadesinden biyomimesisin doğadan öğrenmeyi temel alıp elde ettiği bilgiyle var olan problemi çözmeyi veya taklit etmeyi amaçladığı anlaşılmaktadır. Benyus (1997),Vincent'in tanımını daha detaylı ele alarak, doğadan öğrenme sonucu gerçekleşen taklidi; "Doğal biçimin taklit edilmesi", "Doğal süreçlerin taklit edilmesi", "Doğal ekosistemlerin taklit edilmesi olarak" 3 düzeyde açıklamıştır (Benyus, 1997).

Birçok farklı elemanların bir araya getirilmesiyle oluşturulan yapının, bir bütün olarak taşıyıcılığını ifade etmeye strüktür denir. Formu meydana getiren ve içyapıyı ifade eden strüktür, birimlerin bir araya gelerek

oluşturdukları sistemler bütünüdür. Strüktürel yapı, formların işlevselliği ile doğrudan bağlantılıdır. (https://insapedia.com/struktur-nedir/)

Strüktüre etmek ise; bir düzeni organize etmede kullanılabilecek sistemler bütünüdür.

Bu çalışma kapsamında da Ayçiçeğinin bitkisinin güneş karşısında verdiği tepki ve biçimlenmesinde etkin olan altın oran ilkeleri göz önünde biyomimesis ile ele alınarak bir boşluğu tanımlayan birim küpün strüktüre edilmesinde kullanılması amaçlanmıştır. Böylelikle biyomimesis'in "Doğal biçimin taklit edilmesi", "Doğal süreçlerin taklit edilmesi" ilkeleri kullanılmıştır. Bu amaçla bir alan çalışması yapılmıştır.

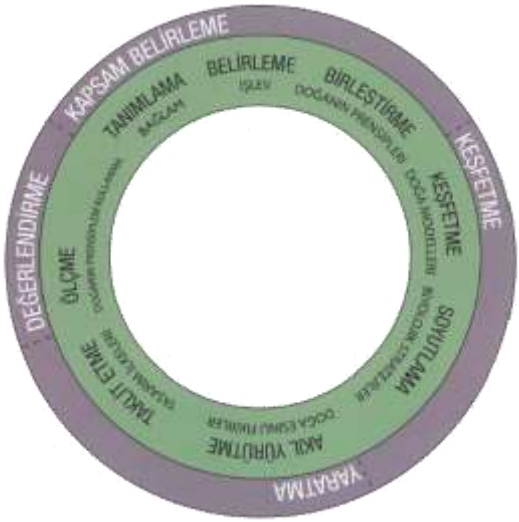
2. MİMARİ TASARIM, BİYOLOJİ VE BİYOMİMESİS

"Doğanın en iyi fikirlerinden taklit ederek öğrenmek" olarak da dilimize aktarılabilecek Biomimesis "doğadaki olası çözümleri veya çözüm potansiyellerini" birçok farklı disiplinde ve aslında disiplinleri bir araya getiren bir etkileşimle somutlaştırarak yeni bir bilim dalı adayı olarak anılmaya başlanmıştır. Daha önceleri doğayı gözlemleyerek deneyimler elde eden insanoğlu artık doğayı bir model olarak görmenin ötesinde, ondan bir karşılaştırma ölçütü ve bir akıl hocası olarak dersler almaktadır. (http://v3.arkitera.com/spotlight.php?action=displaySpotlight&ID=146&year=&aID=2677)

Biyomimesis'e dair bir başka yaklaşım, doğa ile insanoğlu arasında yeni bir denge arayışı içerisindedir. Mimarlığın toplum ve çevreleriyle kurduğu yıkıcı ilişkinin aşikar olması ile beraber, Frosch ve Gallopoulos ekosistemlerin taklit edilmesi fikrini sunmuşlardır. Ekosistemlerin taklit edilmesi fikri daha sonra Janine McBenyus tarafından araştırılmış ve savunulmuştur. Benyus, ekolojik performansın artırılması için biyoloji alanındaki bilimsel araştırmalar ve endüstri teknolojileri ve / veya yapım teknolojileri arasında disiplinler arası ortaklıkların kurulması gerektiğini tartışmaktadır. Bu sayede, biyomimesis bir analoji olmanın ötesine geçecek ve organizma, davranış ve ekosistem gibi farklı düzeylerde performans / işlev gösterecektir. Benyus'un fikirleri daha sonra Michael Pawlyn tarafından mimarlığa dahil edilip genişletilmiştir. Pawlyn, biyomimesisi; sürdürülebilir çözümler üretebilmek için biyolojik formların, süreçlerin ve sistemlerin işlevsel temellerinin taklit edilmesi" olarak tanımlanmıştır. Burada temel fikir, ekolojik kaygılarla yola çıkarak doğanın işlevselliğini öğrenmek ve doğayı taklit etmektir. (Arslan ve Gönenç 2007)

3-ALAN ÇALIŞMASI

Biyomimesin tasarım kurgusu, (YEDEKÇİ G. (2016) ''Doğayla Tasarlamak Biyomimikri ve Geleceğin mimarlığı'', Mimarlık vakfı yayınları) tarafından kapsam belirleme, keşfetme, yaratma ve değerlendirme olarak 4 aşamada tanımlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1: Biyomimesis tasarım aşamaları YEDEKÇİ G. (2016) ''Doğayla Tasarlamak Biyomimikri ve Geleceğin mimarlığı'', Mimarlık vakfı yayınları

Küpü strüktüre etmede kullanılacak doğal örnek olarak ayçiçeği seçilmiştir. Ayçiçeğinin hem biçimsel hem de davranışsal boyuttaki özellikleri küpü strüktüre etmede yol gösterici olmuştur.

Çalışma kapsamında da biyomimes'in tasarım aşamaları dikkate alınarak tasarım süreci planlanmıştır. Biyomimesin tasarım aşamalarından;

Kapsam belirleme: tanımlama, belirleme, **birleştirme,**

Keşfetme: keşfetme, **soyutlama,**

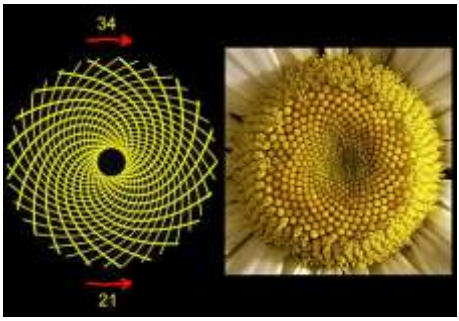
Yaratma: **akıl yürütme,** taklit etme

Değerlendirme: ölçme aşamaları kullanılmıştır.

3.1. Kapsam Belirleme

Kapsam belirleme aşamasının birleştirme kavramı kullanılarak ayçiçeği bitkisinin tasarımı yönlendirecek temel özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Biyomimesis kavramını strüktüre edecek olan sistemlerden

ilki Ayçiçeği bitkisinin biyolojik sirkadiyen ritm doğrultusunda güneşe doğru yönelimi ve Ayçiçeği bitkisinin dönme hareketi olarak belirlenmiştir. Ayçiçeği bitkisinin biyolojik özelliklerini açıklayarak bu bitkinin projenin tasarım ana fikrinde nasıl bir etkisi olduğu aşağıda açıklanmıştır.

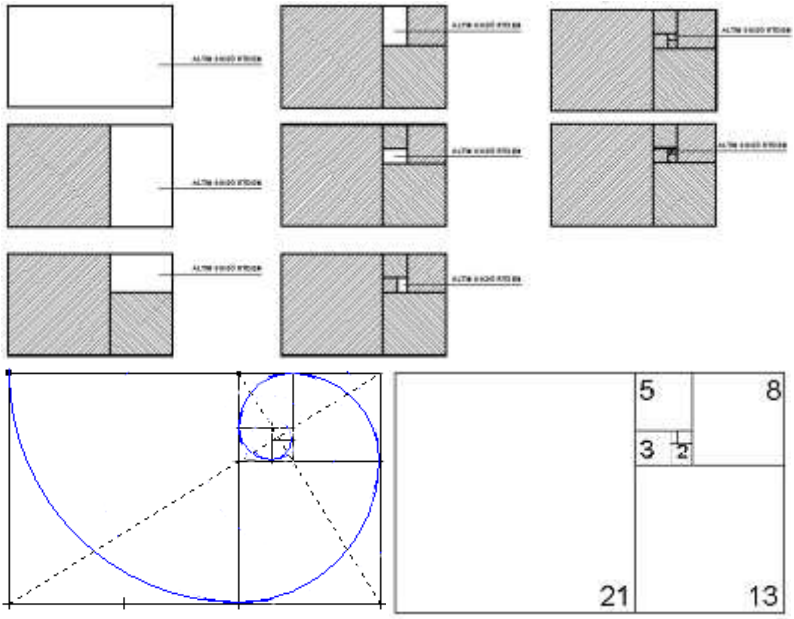


Şekil 2.

Bitkileri hareket etmeyen canlılar olarak biliriz. Aslında belli ölçekte hareket edebilirler. Gün içinde Güneş'i takip eden ayçiçekleri bu durumun bir örneğidir. Ayçiçeklerinin çiçek kısımları gün içinde Güneş'i takip ederek doğudan batıya doğru hareket eder. Geceleri ise tersi yönde hareket ederek sabahki konumlarına geri dönerler. Bu günlük hareket, gelişme dönemindeki ayçiçeği tomurcuklarında görülür ve çiçekler gelişimlerini tamamladığında durur. Olgunlaşmış ayçiçekleri sürekli olarak doğuya doğru yönelir. Ayçiçeği tomurcuklarını gövdeye bağlayan ve yastıkçık olarak isimlendirilen esnek kısımdaki hücreler ayçiçeklerinin Güneş'e göre hareketinden sorumludur. Yastıkçık bölümündeki hücrelerin içindeki suyun hücre duvarına uyguladığı basıncın artıp azalması, gövdenin bu esnek bölümünün bir tarafının gerginliğini kaybetmesine, diğer tarafının ise sertleşmesine neden olur. Bu durum ayçiçeklerinin yön değiştirmesini sağlar.

Biyomimesis kavramını strüktüre edecek olan sistemlerden ikincisi ise, Ayçiçeği bitkisinde bulunan altın oran kavramıdır. Altın oran**;** matematik ve sanatta, bir bütünün parçaları arasında gözlemlenen, uyum açısından en yetkin boyutları verdiği sanılan geometrik ve sayısal bir oran bağıntısıdır(http://www.aoder.org.tr/tr/altin-oran/36.aspx).Orta çağ da yaşamış olan Leonardo Fibonacci, birbiri arasında ardışık ilişki ve olağanüstü bir oran bulunduğunu iddia ettiği sayıları keşfetmiş ya da diğer bir görüşe göre de Hint-Arap medeniyetinden öğrenmiş ve Avrupa'ya taşımıştır. Evrendeki muhteşem düzenle birebir örtüşen bu sayıları keşfetmesi nedeniyle, altın orana da adının ilk iki harfi olan "Fi" (Φ) sayısı denilmiştir.B**ir yapı ya da**

sanat eserinin altın orana yakınlığı, onun aynı zamanda estetik olarak güzelliğinin bir ölçüsü olarak kabul görmüştür (http://www.aoder.org.tr/tr/altin-oran/36.aspx).



Şekil 3. Altın Oran ve Fibonacci dörtgeni

(http://www.aoder.org.tr/tr/altin-oran/36.aspx).

3. 2-Keşfetme

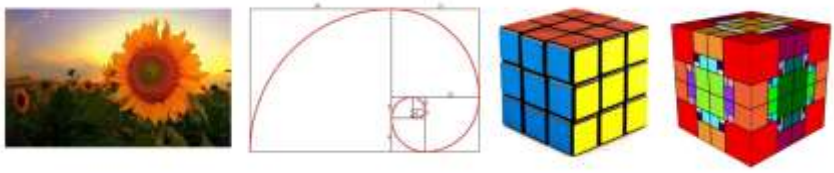
Kapsam belirleme aşamasının soyutlama kavramı kullanılarak ayçiçeği bitkisinin tasarımı yönlendirecek temel özelliklerinin küpü strüktüre etmede nasıl kullanılabileceği belirlenmeye çalışılmıştır.

Ayçiçeği bitkisinin genel olarak özelliklerine bakılınca dönme hareketini biyolojik saate göre hareket ettiği bu doğrultuda da güneşi takip ettiği sonucuna varılırsa projenin ana tasarım konseptin de dönme hareketi oluşturacağımız küp objesinde bize öncülük edecektir. Proje ana prensiplerini oluşturmada Ayçiçeği bitkisi doğadan ilham alan tasarımlar temasına uygun olacak şekilde bünyesinde barındırdığı karakteristik özellikleri tasarımın strüktüre edeceğimiz ana hatlarında kullanmak için değerlendirilmiştir.

Temel tasarım objesi olarak küpün tasarımına soyutlayarak entegre edilecek olan yöntem belirlenmiştir. Bu konu da etkili olan sistem ise yine Ayçiçeği bitkisinin kendi bünyesinde barındırdığı ve doğada birçok canlı

varlıkta bulunan altın oran kavramı referans olmuştur. Soyutlama işlemi bütünüyle Ayçiçeği bitkisinde bulunan özelliklerden yola çıkarak küpte strüktürel anlamda nasıl etki edeceğine dair veriler elde edilmeye çalışılmıştır. Projenin tasarımında küpün kullanımının nedeni ise özelliklerini entegre edeceğimiz ve soyutlamak istediğimiz Ayçiçeği bitkisinin dönme hareketini ve altın orandan yola çıkarak strüktüre edilebilecek olan dikdörtgen ve kare geometrik şekillerinin hacimsel olarak tezahüründe en iyi ifade etme biçimini küpün üzerinde gösterebilmektir.

Böylelikle altın oran küpün nasıl parçalanacağını, ayçiçeğinin dönmesi ise küpün hangi yön ve doğrultularda boşaltılacağını belirlemede etkili olmuştur.



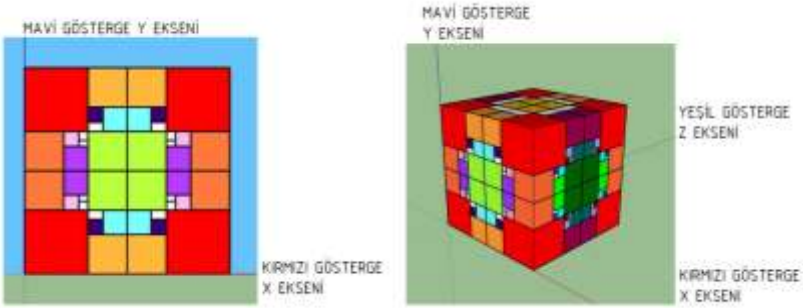
Şekil 4. Ayçiçeği bitkisinin hem dönme hareketi hem de altın oran kavramından etkilenerek ortaya çıkarılan küpün biçimsel ve strüktürel anlamdaki görünümü

3. 3-Yaratma

Yaratma aşamasının taklit etme kavramı kullanılarak küp oluşturulmaya başlanmıştır. Ayçiçeği bitkisinde bulunan altın oran doğada da birçok varlıkta kendini göstermektedir. Projenin ana hatlarını oluştururken referans noktası olarak altın oran ve fibonacci sayılarının hem strüktürel anlamda hem de dönme hareketi olarak görünüşte küpe nasıl etki edeceğine dair sayısal veriler oluşturulmaya çalışılmıştır.Sayısal veriler özellikle küpün birimlerini oluştururken daha sonra ki küpte elde etmek istediğimiz doluluk boşluk olarak hareket mekanizmasını oluşturmada büyük bir etken teşkil etmiştir.Bu bağlamda sayısal olarak referans ele aldığımız altın oran ve fibonacci sayı dizgesini açıklamak gereklidir.

Altın oran–Fibonacci sayılarının ışığında doğada Ayçiçeği bitkisinde bulunduğu ispatlanan bu sayı dizgesini küpe strüktüre etme kavramını konsept olarak değerlendirilmesi istenmiştir. Bu kavramlar ve birtakım Ayçiçeği bitkisine ait özellikler doğrultusunda oluşturulan küpün şematik açıdan oluşum evreleri sıralanmıştır.Küpün tasarımında birim olarak kullanılan altın oran ve fibonacci sayısı küpün tekrar kendi içerisinde

küçük parçalara ayrılmasında da kullanılmıştır.Ana küpün alt birimleri olarak ortaya çıkan daha küçük birimler tasarım da dönme hareketine karşılık gelecek şekilde güneş ışığına maruz kalınca güneşin vurduğu bölgede ki parçalar ana küpten boşaltılması hedeflenmiştir. Amaçlanan hedef ise Ayçiçeği bitkisinde görülen biyolojik olayları küpte nasıl entegre ederek gösterebilmektir. Bu konu da ortaya çıkan küçük birimler doluluk boşluk ilişkisi ile strüktürel anlamda artma veya azalma durumlarında nasıl bir görünüme sahip olacağı analiz edilmiştir.



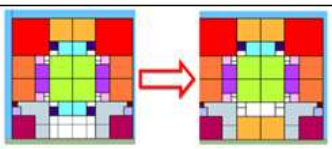
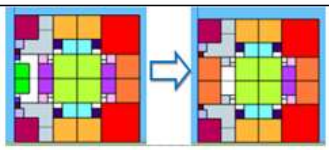
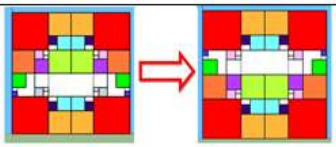
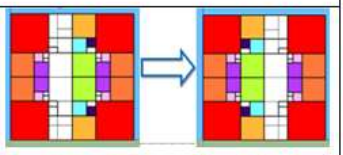
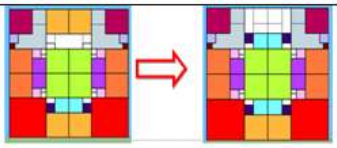
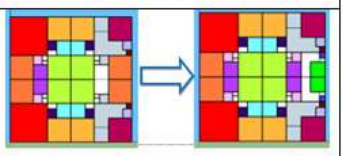
Şekil 5. Küpün Soyutlanması

Bu amaçla elde edilen küpün ayçiçeği bitkisinin hem biyolojik döngüsü hem de güneşe olan yöneliminin getirmiş olduğu dönme etkisini küpün üzerinde ışığın vurduğu noktalardan X,Y,Z koordinatlarında azaltmalar yaparak küpe nasıl bir etki de bulunduğunu analiz etmek amaçlanmıştır.

Bunun için öncelikle tek boyutlu düzlemlerde daha sonra 2düzlemi çakıştırarak ve en son olarak her üç düzlemde boşaltma işlemleri yapılmıştır.

X ve Y Eksenlerinde de Küplere Uygulanan İşlemler

Ayçiçeği bitkisinin güneşe doğru yönelimi doğrultusunda dönme hareketini tanımlamak amacıyla doğudan batıya doğru ışığın etki ettiği alanları boşaltma işlemi yaparak ayçiçeği bitkisinde ki yönelim ve dönme hareketini küpün üzerinde boşaltma veya eksiltme olarak tanımlanmıştır. Üç farklı eksende ki düzenleme kuralları aşağıdaki tablodaki gibidir.

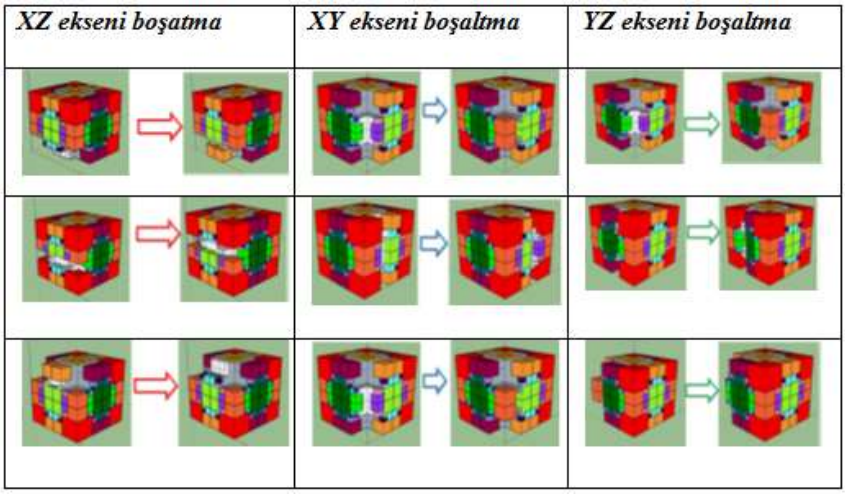
Kural	X Ekseni	Y ekseni
En alt kademeye güneş ışığı vurulunca x, y, ekseninde ki boşaltmalar		
Güneş ışığının hareketi ile küpün yüzeylerinden eksiltme.		
Işığın vurduğu bölgede ki küplerin yüzeylerinden x,y eksenine göre azaltma		

Şekil 6.X-Y Ekseni küp üzerinde ki eksilmeler/boşalmalar

X ve Y, ekseninde yapılmış olan boşaltma işleminden sonra elde edilen bilgiler ışığında strüktürel anlamda değerlendirme yapılırsa küpün bölümlenmesi 34-21-13-8-5-3-2-1 şeklinde Fibonacci sayı dizgesinden yola çıkarak oluşturulmuş olup küpü eşit parçalara ayrıldığı için birbirinin simetrisi küplerin yüzeylerinde ki eksiltilmesi neticesinde en alt kademede bulunan parçaların üst noktada ki ağırlıkları neticesinde dayanıklılık olarak sağlam olmadığı anlaşılmıştır.

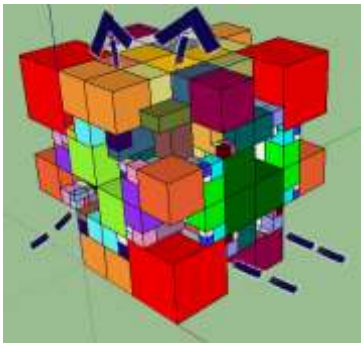
Orta kısımda ki azaltmalar ise daha küçük ölçekli küpler olması nedeniyle taşıyıcılık açısından küpe zarar verecek noktada etkili olmamıştır. Aynı şekilde en üst tabakada bulunan kırmızı renkli 21 cm biriminde olan küplerin boşaltılması da küpün strüktürüne taşıyıcılık açısından zarar vermemiştir.

XZ, XY ve YZ Eksenlerinde Küplerden Boşaltma İşlemi



Şekil 7. XZ-XY-YZ Ekseninde küplerden eksilme

XYZ ekseninde küplerden boşaltma işlemi



Şekil 8-XYZ Ekseninde eksilmeler/boşalmalar

XYZ Düzleminde yapılan boşaltma işlemleri doğrultusunda görülüştür ki küpün belli noktaları(özellikle alt bölgelerde bulunan 21 cm lik küplerin boşaltılması neticesinde görülen taşıyıcılığı zarara uğratacak bir boşaltma işlemi olduğu anlaşılmaktadır.

3.4 Değerlendirme

Bu çalışma da Ayçiçeğinin biyomimesis tasarım aşamalarından tanımlama, belirleme, birleştirme, keşfetme, soyutlama, akıl yürütme, taklit etme ve ölçme aşamaları şu şekilde takip edilmiştir; Ayçiçeği bitkisinde bulunan altın oran fibonacci sayılarıyla hem strüktürel anlamda hem de dönme hareketi olarak soyutlanarak küpten başlayan ve oluşturulan strüktürde doluluk boşluluk ilişkisi 3. boyutta X,Y ve Z eksenlerinde farklı kompozisyonlarda ayçiçeğinin hareket etme özelliğine öykünerek boşaltmalar yapılmıştır. Oluşan kompozisyonlar karşılaştırılarak

deneyimlenmiştir. Ve sonuçta açılan boşluklardan yıl ve gün içinde sıcak ve nemli zaman dilimlerinde hareket ederek doğal havalandırmaya hem cephede hem strüktürün içinde baca etkisi sağlayarak en fazla katkıyı XYZ ekseninde ki hareketin katkı sağlamış olduğu görülmüştür. Benyus' un tanımındaki davranış düzeyinde taklit ele alınmıştır. Ve aşağıdaki tabloda görülen biçim, malzeme, inşaat, süreç, fonksiyon düzeyinde ele alınmıştır.

DAVRANIŞ DÜZEYİ	Biçim	Tasarıma küpten başlayarak devam ayçiçeği küpe soyutlanmış ve ayçiçeğinin yapraklarının bir araya geliş mantığı olan altın oran kuralına göre bir araya getirilerek oluşturulmuştur.
	Malzeme	Malzeme olarak geri dönüşebilir, kütlelerin harekine imkan veren hafif ve hareket kolaylığı sağlayan malzeme seçilmiştir.
	İnşaat	Ayçiçeğinin kesintisiz olarak bir araya gelen yaprakları gibi küpler kesintisiz olarak bir araya getirilerek bir strüktür oluşturulmuştur.
	Süreç	Strüktür ayçiçeğinin biyolojik saatine göre güneşe yönelimini taklit ederek strüktürde boşluk açıyor. Böylece cephesel ve 3. boyuttaki bu kurallı hareket deneyimlenmiş oluyor.
	Fonksiyon	İç mekanda ki havalandırma günün ve yılın sıcaklık ve nemine göre ayarlanmış olan cephesel ve 3. boyutta yapılan hareketle sağlanmış oluyor. Cepheden gelen hava strüktürdeki iç boşaltmalardan baca etkisiyle ısınan hava yükselir prensibiyle geçerek yükselir.

4. SONUÇ

Ayçiçeği bitkisinin alton oran ve fibonacci sayı ile küpün birimlerini oluşturduktan sonra, Ayçiçeğinde gözlemlenen günlük döngü ve sirkadiyen ritmi küpe entegre ederek, boşaltma işlemleri ile deneyimlenince anlaşılmıştır ki küpte bulunan daha büyük parçacıkların yatay eksende eksilmesi neticesinde strüktürel anlamda problem yaratacak bir durum gözlenmiştir.

Dikey eksende ise azaltmalar daha çok sütun olarak parça ayrılması durumu olduğu için strüktüre daha az etki ettiği incelenmiştir.

Birim olarak Fibonacci sayı dizgesinden yola çıkılarak oluşturulan 21-13-8-5-3-2-1 birimlik küplerin taşıyıcılık sorgulaması üzerinde ki yüklere bakılarak ve küpe ne kadar ve ne ölçüde etki ettiği incelenerek değerlendirilmiştir.Bu inceleme tamamen inşaat sürecinde rijitlik incelemesi ve stabilitesinin sonuçları gözlemlenerek oluşturulmuştur.Programsal inceleme de ise başarılı kabul edilebilecek olan inşaat mühendislerinin uyguladığı idecad gibi yazılımlardan faydalanılmıştır.Bunun neticesinde elde edilen sonuç ürün Ayçiçeğinin günlük ritminde dönme hareketine denk gelecek olan tanımlayıcı durum olarak eksiltme-boşaltma işlemleri ile kıyaslanarak bakıldığında küpte bulunan birimlerden özellikle alt parça çıkarılması neticesinde (aynı Ayçiçeği bitkisinin kendi yapısı gibi kök ve gövdesine zarar verici etmenlerde dayanımının azaldığı) taşıyıcılığı zarara uğratacak bir işlem olduğu gözlenmektedir.

KAYNAKÇA

1. Berkebile B. and Mclennan J., (2011). “Biomimicry in Architecture, Integrating Technology with Nature”
2. Benyus, J.,(1997)“Biomimicry: Innovation Inspired by Nature”. William Morrow Company Inc., NY.
3. KAVURMACIOĞLU Ö.–ARIDAĞL.(2013)’’STRÜKTÜR TASARIMINDA GEOMETRİ VE MATEMATİKSEL MODEL İLİŞKİSİ’’BEYKENT ÜNİVERSİTESİ FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ,Cilt(6 ,59 – 76)
4. *Özer, B., 2009’’Kültür Sanat Mimarlık’’, YEM Yayın, İstanbul*
5. PAŞAOĞLU T.A.(2016) MİMARLIK VE STRÜKTÜR-DOKTORA TEZİ,İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ,İSTANBUL
6. Arslan Selçuk, S., Gönenç Sorguç, A., (Haziran 2007) “Mimarlık Tasarım Paradigmasında Biomimesis’in Etkisi” GÜMMF Dergisi Vol:22, No:2
7. YEDEKÇİ G. (2016) ‘’Doğayla Tasarlamak Biyomimikri ve Geleceğin mimarlığı’’, Mimarlık vakfı yayınları
8. COŞGE B.,ULUKAN H., (2005)Ayçiçeği (Helianthus annuus L.) Yetiştiriciliğimizde Çeşit ve Ekim Zamanı Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9-3, x-x https://dergipark.org.tr/download/article-file/193573
9. Sonunda Ayçiçeklerinin Gökyüzündeki Güneşi Nasıl İzlediğini Biliyoruz (2016) https://www.sciencealert.com/this-is-why-some-sunflowers-track-the-sun-across-the-sky
10. Mimarlıkta Doğanın En İyi Fikirlerinden Öğrenmek(2019) http://v3.arkitera.com/spotlight.php?action=displaySpotlight&ID=146&year=&aID=2677
11. Ayçiçekleri Güneş’i Nasıl Takip Eder?(2017) http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/aycicekleri-gunesi-nasil-takip-eder
12. Saat gibi işleyen ayçiçekleri(2016) (https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2016/09/01/saat-gibi-isleyen-aycicekleri/
13. Ayçiçekleri Neden Güneşe Döner?(2019) http://www.yabantv.com/haber/22628-aycicekleri-neden-gunese-doner
14. ALTIN ORAN NEDİR?(2018)http://www.aoder.org.tr/tr/altin-oran/36.aspx
15. Kalbimizdeki Altın Oran(2017) http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/kalbimizdeki-altin-oran
16. Bitki Aleminde Dev Keşif!(2016) http://bilimiseviyorum.com/bitki-aleminde-dev-kesif/
17. Strüktür Nedir?(2018) https://insapedia.com/struktur-nedir/

YAPI KABUĞUNDA KARŞILAŞILAN YANGIN RİSKLERİNİN ÖRNEK YANGINLAR ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

Pınar Oruç, Dr.Öğr.Üyesi Zuhal Şimşek

Özet

Sanayi devrimi sonrası artan nüfus ve kentleşme konut ihtiyacını doğurmuştur. Yetersiz alan, talep çokluğu ve gelişen yapım teknolojileri yapıların ölçeğinin büyümesine sebep olmuştur. Geleneksel yöntemlerin ve malzemelerin kullanılamadığı bu yapılarda, yapı boyutlarının değişmesi ve yapı bileşenlerinin bir bütün halindeki davranışı yeni gereksinimleri ve risk faktörlerini ortaya çıkarmıştır. Ölçek olarak yapının büyümesi, acil durumlarda insanların fiziki müdahalelerini kısıtlamaktadır. Bu yüzden, yapılarda tasarım aşamasında sıkı önlemler alınması gerekmektedir. Günümüzde, bilinçsizce yapılan büyük ölçekli yapılarda oluşan yangınların ciddi can ve mal kaybına sebep olduğu görülmüştür. Son 20 yılda dünya çapında bilinen bu tür yangınlar incelendiğinde yangının yayılmasının en etkili faktörlerden birisinin giydirme cephelerdeki hatalar olduğu gözlenmiştir. Alevler ve duman hızla yapı kabuğundan diğer katlara yayılabilmektedir. Yangın yayılma riskinin en aza indirilmesi olası yangınlarda kayıpları önleyecektir. Bu yüzden giydirme cephelerde kullanılan malzemelerin seçimi, uygulaması ve yangın yalıtımı bilinçli bir şekilde yapılmalıdır. Yangın anında devreye girecek sistemler de yangının yayılmasını engelleyecek etmenlerdendir.

Çalışmada, yapı kabuğunda karşılaşılan yangın risklerinin yangın yönetmelikleri kapsamında ve meydana gelmiş cephe yangınlarının incelenmesi ile tasarım aşamasında alınacak önlemlerin ortaya koyulması amaçlamıştır. Ayrıca tasarım aşamasında alınan tedbirler ile yangının yapı kabuğundan yayılmasının engellenmesi amacı ile tasarım ve uygulama süreçlerinde karşılaşılan hatalar, yönetmeliklerdeki eksiklikler ortaya konarak mimar ve mühendislerin bu konuda bilinçlenmesi amaçlanmaktadır.

Bu makalede, son 20 yılda dünya çapında gerçekleşen büyük cephe yangınları incelenmiştir. Yangınların çıkış sebepleri, yayılmasında etkili faktörler ve yangın sonrası kayıpların tespiti yapılmıştır. Elde edilen veriler, karşılaştırılarak grafik ve tablolar halinde analiz edilmiştir. Literatür taraması yoluyla, yazılı ve görsel kaynaklardan konuya ait bilgiler ve örnekler incelenerek, yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler ; Yangın Güvenliği, Giydirme Cephe Sistemleri, Yüksek Yapılar, Yangın Riski

Giriş

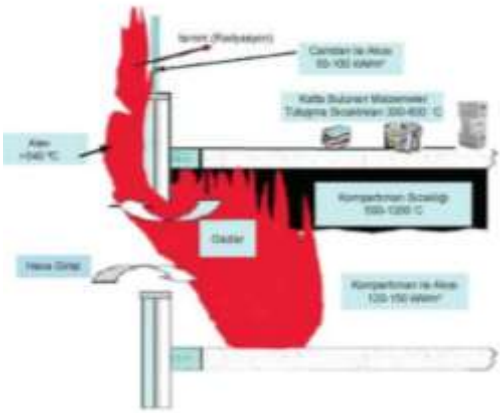
Sanayi devrimi sonrası gelişen yapım teknolojileri, kentleşme ve artan nüfus ihtiyacının karşılanması için yapılarda değişikliğe gidilmiştir. Yapı ölçeklerinin büyümesiyle, geleneksel yapım yöntemleri ve yapı malzemelerinden uzaklaşılarak çeşitli sistemler ve malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle yüksek yapılarda geliştirilen bu sistemler, birçok risk faktörünü de ortaya çıkarmaktadır. Bunların en önemlilerinden biri ise cephelerde karşılaşılan yangın riskleridir.

Cephelerde kullanılmaya başlanan giydirme cephe sistemler, yeni ve çeşitli kaplama malzemeleri, ısı yalıtım malzemeleri ve enerji panellerinin yangın riskini arttıran faktörlerdendir.

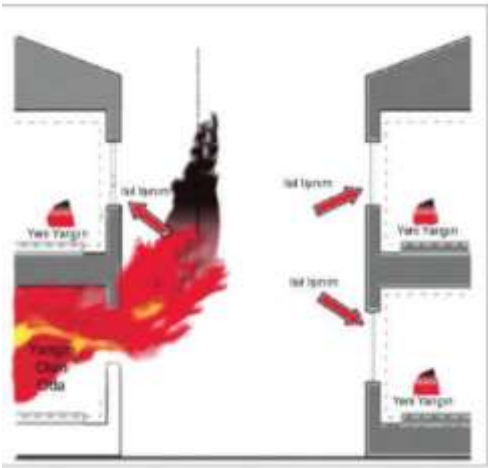
Yapı Kabuğu, yapının dış ortam ile arasındaki fiziksel etkileşimini sağlayan yapı elemanıdır. Yapıda çatı ve cepheyi içine alan yapı elemanı olarakta bilinmektedir.

Yapı Kabuğunda Yangının İlerlemesi

Yangın, açık havada oksijen gazı sebebiyle kolaylıkla yayılabilen bir oluşumdur. İç ortamda başlayan bir yangın, 500 C değerine ulaştıktan sonra ortalama 120-150 kW/m2 ısı üretir. Açıklıktan geçerek cepheye ulaşan alevler, 540 C tan sonra ışınım yoluyla üst katlara yayılmaya başlar. Aynı zamanda alevler, yüksek sıcaklıklarda ısıl ışınım yoluyla çevre binalara da sıçrayabilmektedir. Bu durumların her ikisi de büyük bina yangınlarının oluşumuna sebep olabilmektedir. (Kılıç, 2012)



Şekil 1. Yangının Cephede Işınım Yoluyla Yayılması (Kılıç, 2012)



Şekil 2. Yangının Cephede Isıl Işınım Yoluyla Yayılması (Kılıç, 2012)

Yapı Tasarım Kriterleri ve Yangın Faktörü

Yapılarda ölçeklerin büyümesi, eskiye oranla yapı bölgelerinde yoğunlaşma ve yeni malzemeler ısı, ışık gibi doğal kaynaklardan yararlanma oranını düşürmektedir. Yapılaşmanın artışı ile de çevreye zarar artmıştır. Bu problemlere çözüm olabilmesi için tasarım aşamasında;

- Yapı kabuklarında cam yüzeylerin artışı,
- Hafif çelik sistemler,
- Isı yalıtım malzemelerinin kullanımı,
- Açık plan tasarımları,
- Çift cephe sistemleri,
- Geri dönüştürülebilir kaynak kullanımı,
- Atrium boşluklu tasarımlar,

yapılmaktadır. Enerji korunumu ve çevre düşünülerek tasarlanan bu yenilikçi sistemler, yangın riski açısından sistem gereklilikleri ele alınmadığında eski tip bir yapıya göre yangının çok daha hızlı yayılmasına ve ciddi maddi ve manevi kayıplara sebep olmaktadır. (Tidwell ve Murphy, 2010)

Gelişen ve değişen yapılarda, yangın riskini en aza indirebilmek için tasarım, yapı üretimi ve kullanım aşamalarında dikkat edilmesi gereken temel öğeler bulunmaktadır.

Tasarım aşamasında ;

- Yapı kabuğu tasarımında kullanılan yapı malzemelerinin yanıcılık sınıfları,
- Gerekli durumlarda yapı elemanlarına uygulanacak yangın yalıtımı,
- Cephe tasarımında acil durum önlemleri(spandrel uygulaması, acil durum bölgesi oluşturulması gibi),
- Cephe sistemlerinin yangın anındaki davranışı (baca etkisinin önüne geçilmesi)

düşünülmelidir.(Tidwell ve Murphy, 2010)

Uygulama ve Yapı kullanım ömrü süresince ;

- Şantiye süresince yapının yangın risklerine karşın korunmasızlığının bilincinde olunması,
- Yapı da kullanılan yangın sistemlerinin belirli aralıklarla denetlenmesi,
- Sistemlerin gerektiği takdirde yenilenmesi ve arızaların çözülmesi,
- Yapının düşünülen kullanıcı sayısı ve malzeme özelliklerinde kullanımının denetlenmesi, (yangın yükü)
- Yapıya ek müdahale ve yenileme işlemlerinin yangın açısından değerlendirilmesi,
- Yapının bakım, onarım işlemlerinin düzenli yapılması gerekmektedir.

Cephelerde Yangın Güvenlik Önlemleri

Ülkemizde yangın güvenlik önlemlerini içeren 'Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'te cephelerle ilgili madde işe şu şekildedir.

MADDE 27- (1) (Değişik: 09/09/2009 – 27344 R.G. / 9 md.) Dış cephelerin, yüksek binalarda zor yanıcı malzemeden ve diğer binalarda ise en az zor alevlenici malzemeden olması gerekir. Cephe elemanları ile alevlerin geçebileceği boşlukları bulunmayan döşemelerin kesiştiği yerler, alevlerin komşu katlara atlamasını engelleyecek şekilde döşeme yangın dayanımını sağlayacak süre kadar yalıtılır. Alevlerin bir kattan diğer bir kata geçmesini

engellemek için iki katın pencere gibi korumasız boşlukları arasında, düşeyde en az 100 cm yüksekliğinde yangına dayanıklı cephe elamanıyla dolu yüzey oluşturulur veya cephe iç kısmına en çok 2 m aralıklarla cepheye en fazla 1.5 m mesafede yağmurlama başlıkları yerleştirilerek cephe otomatik yağmurlama sistemi ile korunur.(Anonim, 2007)

Alan Çalışması

Başta konu ile ilgili kavramların anlaşılabilmesi için sürdürülebilirlik uygulamaları, cephe sistemlerinde kullanılan yeni malzemeler ve yangın risk faktörleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular ve konuyla ilgili yapılan çalışmalarında katkısıyla malzeme, yapım tekniği ve güvenlik önlemlerinin eksiklerinin yangın riskini arttırıcı etmenler oluşturduğu saptanmıştır.

Sonrasında Dünya çapında son 20 yılda meydana gelmiş, 20 büyük cephe yangını ;

- tasarım ve uygulama aşaması,
- cephede ve taşıyıcı sistemde kullanılan malzemeler,
- yangın güvenlik önlemleri,
- yangın söndürülme şekli,
- yangın sonrası can ve mal kaybı,

binanın yapım yılı, kat sayısı, bulunduğu bölge göz önünde bulundurularak araştırılmıştır. Bu yapılarla ilgili oluşturulan çizelge ve grafiklerle konu detaylı şekilde analiz edilmiştir. Gerekli görülen yerlerde ise bina özelinde eksiklikler detaylı şekilde açıklanmıştır.

Konumu	Yapım Yılı	Yangın Çıkış Sebebi	Yangının İlerleme Sebebi	Yangın Güvenlik Önlem Eksiklikleri	Ölü / Yaralı Sayısı	apı Hasarı
Caracac, Venezuela	1983 10.2004	-Kısa Devre, -Yanıcı madde depolanması.	-Yanıcı malzemelerin depolanması -Yanabilir cephe kaplama	Yağmurlama sistemi çalışmıyor.	40 yaralı	-Çelik çıkmada çökme
AtlanticCity, New Jersey	2003 09.2007	---	-Yanabilir cephe kaplama malzemeleri, -Şantiye eksiklikleri	Yağmurlama sistemi aktif değil.	Ölen ve yaralan-ma yok.	Yüzeysel cephe hasarı
Pekin, Çin	2009 02.2009	Havai fişek	-Yanabilir cephe kaplama malzemeleri - Taşıyıcı sistem malzeme seçimi	Yağmurlama sistemi yok.	-1 ölü -7 yaralı	-Ağır hasar ,(tüm bina) -Taşıyıcı sistem
Busan, Güney Kore	2005 10.2010	Elektrik Kontağı	-Yanabilir cephe kaplama malzemeleri -Tasarım eksiklikleri,	Yetersiz yağmurlama sistemi.	5 yaralı	-Cephe ve taşıyıcı sistemde ciddi hasar
Şangay, Çin	--- 11.2010	Şantiye - kaynak işi	-Dış duvar yalıtım malzemesi -Şantiye eksiklikleri	Yağmurlama sistemi yok.	-58 ölü -56 kayıp -70-120	-Cephe ve taşıyıcı sistemde ciddi hasar

Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri	2009 04.2012	Sigara	-Yanabilir cephe kaplama malzemeleri -Şantiye eksiklikleri -Tasarım eksiklikleri	Bilinmiyor	Ölen veya yaralanan olmamıştır.	-Cephe ve bazı dairelerde hasar - Çevre zararı	Yapının Adı TorreParque Central Complex
Roubaix, Fransa	05.2012	---	-Yanabilir cephe kaplama malzemeleri (Geri dönüşüm aşaması)	Bilinmiyor (Eski Yapı)	7 ölü	-Cephe ve bazı dairelerde hasar - Çevre zararı	The Water Club- Borgata
İstanbul, Türkiye	2001 07.2012	Elektrik kontağı	-Yanabilir cephe kaplama malzemeleri	Yağmurlama sistemi kurul değil.	2 yaralı	-Cephe ve bazı dairelerde hasar - Çevre zararı	CCTV
Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri	--- 11.2012	Elektrikli alet arızası (klima)	-Yanabilir cephe kaplama malzemeleri -Çatı dekorasyon malzemeleri	Bilinmiyor	Ölen veya yaralanan olmamıştır.	-Cephe ve taşıyıcı sistemde ciddi hasar - Çevre zararı	Wooshin Golden Suite
Grozny, Çeçenistan (Rusya)	2013 04.2013	Elektrikli alet arızası (klima)	-Yanabilir cephe kaplama malzemeleri -Şantiye eksiklikleri	Yağmurlama sistemi devrede değil (şantiye)	Ölen veya yaralanan olmamıştır.	Cephe tamamıyla hasarlı	Shanghi Yangını

Melbourne, Avustralya	--- 11.2014	Sigara	-Yanabilir cephe kaplama malzemeleri -Tasarım eksiklikleri -Kullanım hataları	Yağmurlama sistemi her yerde yok.	Ölen veya yaralanan olmamıştır.	-Cephe ve bazı dairelerde hasar - Çevre zararı	Al Tayer Tower
Madrid, İspanya	1979 02.2015	Elektrik kontağı	-Taşıyıcı sistemde yalıtımsız çelik malzeme kullanılması -Şantiye eksiklikleri-	Yangın güvenlik eksiklikleri (şantiye)	7 yaralı	-Ağır hasar -İşlevsiz hale gelmiştir.	Merrmoz Tower
Bakü, Azerbycan	--- 05.2015	---	-Yenilenme dönemi hataları -Yanabilir cephe kaplama malzemeleri	Bilinmiyor (Eski Yapı)	-15 ölü -63 yaralı	-Ağır hasar -İşlevsiz hale gelmiştir.	Polat Towers
Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri	2008 04.2017	Elektrik kontağı	-Yanabilir cephe kaplama malzemeleri -İklime uygun tasarım yapılmaması	Yetersiz yağmurlama sistemei	-1 ölü -15 yaralı	-Cephe ve bazı dairelerde hasar - Çevre zararı	Tamweel Tower
Londra, İngiltere	1974 06.2017	Elektrikli alet arızası (dondurucu)	-Sürdürülebilir mimari uygulama hataları -Yanabilir cephe kaplama sitemleri	-Yağmurlama sistemi yok -Yangın kapıları işlevsiz -Akıllı sistem	-72 ölü -70 yaralı	-Ağır hasar -İşlevsiz hale gelmiştir.	Grozny–Ctiy Tower

Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri	2011 08.2017	Sigara	-Taşıyıcı sistemde yalıtımsız çelik malzemesinin kullanılması	Yağmurlama sisteme kurulu değil.	Ölen veya yaralanan olmamıştır.	-Cephe ve taşıyıcı sistemde ciddi hasar	Lacrosse Melbourne
Dublin, İrlanda	--- 03.2018	Gaz patlaması	-Yanabilir cephe kaplama malzemesi -Tasarım eksiklikleri	Yetersiz sistem (eski yapı)	Ölen veya yaralanan olmamıştır.	Cephe ve bazı dairelerde hasar	The Windsor Tower
Sao Paulo, Brezilya	1968 05.2018	Elektrikli alet arızası (dondurucu)	-Kullanım hataları - Bakımsızlık	Hiçbir önlem yok (terk edilmiş bina)	-1 ölü -Bilinmeyen kayıp sayısı	Yangın sonucu çökerek kül olmuştur.	Bakü'de Bir Apt. (Azlık Cad.)
Mumbai, Hindistan	2007 06.2018	---	-Yanabilir cephe kaplama malzemesi -Tasarım eksiklikleri	Bilinmiyor	2 yaralı	Cephe ve bazı dairelerde hasar - Çevre zararı	Downtown Address
Melbourne, Avustralya	02.2019		-Yanabilir cephe kaplama malzemesi -Tasarım eksiklikleri	Yangın güvenlik sistemleri etkisiz hale getirilmiştir.	Ölen veya yaralanan olmamıştır.	Cephe hasarı	Grenfell Tower

Troch Tower | Dublin Metro Hotel | Edificio Wilton Paes De Almeida | Beaumonde Towers | Neo200

Başta konu ile ilgili kavramların anlaşılabilmesi için sürdürülebilirlik uygulamaları, cephe sistemlerinde kullanılan yeni malzemeler ve yangın risk faktörleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular ve konuyla ilgili yapılan çalışmalarında katkısıyla malzeme, yapım tekniği ve güvenlik önlemlerinin eksiklerinin yangın riskini arttırıcı etmenler oluşturduğu saptanmıştır. Sonrasında Dünya çapında son 20 yılda meydana gelmiş, 20 büyük cephe yangını ;

- tasarım ve uygulama aşaması,
- cephede ve taşıyıcı sistemde kullanılan malzemeler,
- yangın güvenlik önlemleri,
- yangın söndürülme şekli,
- yangın sonrası can ve mal kaybı,

binanın yapım yılı, kat sayısı, bulunduğu bölge göz önünde bulundurularak araştırılmıştır. Bu yapılarla ilgili oluşturulan çizelge ve grafiklerle konu detaylı şekilde analiz edilmiştir. Gerekli görülen yerlerde ise bina özelinde eksiklikler detaylı şekilde açıklanmıştır.

Bulgular ve Değerlendirme: İncelenen Yapılarda Tasarım Eksiklerinin Yapı Özelinde Değerlendirilmesi

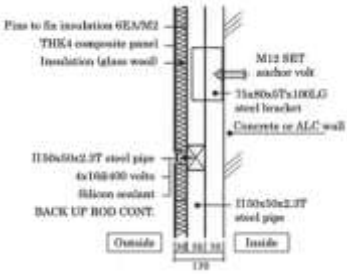
CCTV Binası

Şekil 3.CCTV Yangın Sonrası Cephe Görüntüsü http://www.thebeijinger.com/blog/2014/02/09/five-years-ago-today-cctv-hotel-tower-burns 2019

Sürdürülebilirlik kapsamında ;

Hafif çelik malzeme (diğer gökdelenlere göre 140.000ton az) ve yalıtımsız(Anonim ,2009) ,90 m. Atrium boşluğu, Aşırı ısıyı önlemek için tasarlanan cephe hareketlerinin alev yüzeyini arttırması **(**Lakot ve Öztürk ,2016)

Wooshin Golden Suite



Şekil 4.Wooshin Golden Suite Yangın Görüntüsü (White,Delichatsios,2015)
Şekil 5.Cephe Kesiti (White, Delichatsios,2015)

- Camların kırılmaz oluşu (itfaiye erişimi engeli), Binanın U şeklindeki tasarımı (boşlukta yangının yayılma riski düşünülerek yangın önlemi alınmaması),Planlanan ısı yalıtım malzemelerinin uygulamada değiştirilmesi (White , Delichatsios , 2015)

Grenfell Tower

Şekil 6. Grenfell Tower Yangın Sonrası Görüntüsü

https://www.designbuild-network.com/features/fire-lessons-grenfell-tower-tragedy/attachment/grenfell_tower_remains-credit-chiraljon/ 2019

Yağmurdan korunma ve sürdürülebilirlik kapsamında ;

Çift cephe sistemi kullanılması (aradaki boşluk baca görevi görürken itfaiye erişimini de engellemiştir) (Griffin,2017),Yapının yenilenme döneminde geri dönüştürülmüş fakat yanıcı ve zehirli gaz çıkaran ısı yalıtım malzemeleri kullanılması (Booth,2017)(Grazyna,2018)

Lacrosse Melbourne

Şekil 7.Lacrosse Melbourne Cephe Görüntüsü(Anonim,2015)

- Dış Cephede kullanılan çelik dekoratif malzeme kullanılması ve açıklıkların akslarının aynı oluşu ,Yatak odalarını ayırmakta kullanılan yalıtımsız çelik duvarlar (Genco,2015)

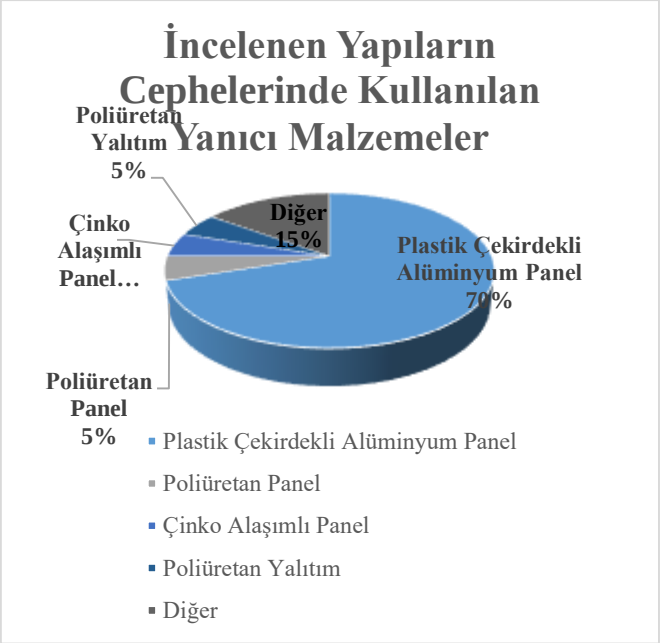
The Windsor Tower

Şekil 8.Windsor Tower Açık Plan(Kanan,Beyhan,2013)

Giydirme cephe ve kat döşemeleri arasında boşluk ,Açık plan tasarımı olmasına rağmen önlem alınmaması(Kanan,Beyhan,2013)

Beamundo Tower

Yapı girişinin dar oluşu (itfaiye erişiminin kısıtlanması),Acil durumlar için açılabilir cam bırakılmaması,(Anonim,2018)

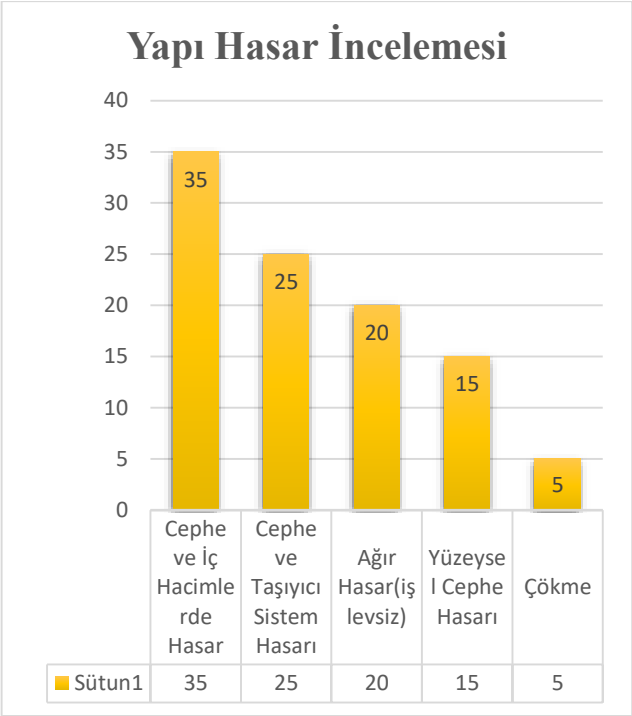


Şekil 9.Yapılarda Kullanılan Yanıcı Cephe Malzemelerinin Grafiksel Gösterimi

İncelenen yapılarda kullanılan cephe kaplama ve yalıtım malzemeleri grafikte gösterildiği üzeredir. Polistren ve polietilen malzemelerin sandviç panellerde yalıtım için sıklıkla kullanıldığı görülmektedir.Bu malzemeler,plastik türevi olup yanıcılığı yüksektir.Yapıların %70'inde karşılaşılan bu malzeme yangının ilerlemesinde başlıca etkenlerdendir.Poliüretan malzemenin dekor amaçlı kullanıldığı yapı oranı %5 olsa dahi,diğer yangınlara oranla çok daha hızlı bir yayılmaya sebep olmuştur.Çinko alaşımlı,ısı iletiminin yüksek olduğu hafif bir malzeme ise sürdürülebilirlik kapsamında tasarımı yapılırken yangın risk faktörleri göz ardı edilmiştir.Yapı,ağır hasar grubundadır.

Bu yapılardaki hasarlar Şekil 10'da yüzdelik olarak ele alınmıştır. Yapıların %85'i yüzeysel cephe zararının üzerindedir. Bunların yalnızca %65'i tadilata girebilecek konumdadır. Yarıdan fazla olan bu oran, yapıların son durumları da incelendiğinde tadilatların

yıllar sürdüğü,insanlara maddi ve manevi kayıplara yol açtığı görülmüştür. Yapıların %20'si ise yıkılıp tekrar inşaa edilmek mecburiyetindedir. Yapı hasarının yanı sıra, 155 ölü, 281-331 arası yaralı, 56'dan fazla kayıp olduğu bilinmektedir.



Şekil 10.Yapı Hasarlarının İncelenmesi

Sonuç

Makale kapsamında, son 20 yılda yaşanan büyük yangınlardan 20 tanesi incelenerek karşılaştırılmıştır. Büyük ölçekli yapılarda, tasarım aşamasında yangın önlemlerinin alınması gerektiği yangın örneklerinden de anlaşılmaktadır. Yönetmelikte konuyla ilgili geçen madde her yeni yapım sisteminin gerekliliklerini karşılayabilecek nitelikte değildir. Aynı zamanda yönetmelik koşulları dahilinde kullanılan malzemelerin de yangına sebep olduğu açıktır. Yapı kabuğunda tercih edilen malzemelerde değişime gidilmelidir. Gerekli görülen yerlerde yangın yalıtımı yapılması zorunlu hale getirilmelidir. Yapılan tasarım ve uygulamaların giriş kısmında belirtilen yangın risk faktörlerini en aza indirecek şekilde yapılması beklenmektedir. Konu hakkında

bilincin arttırılması için yapılmış olan bu çalışma da doğabilecek yangın risklerinin elimine edilmesi amacı güdülmektedir.

Kılıç, A.,2012. Cephe Kaplamaları ve Cephe Yangın Güvenliği, Yangın ve Güvenlik Dergisi yayın no :152

Tidwell, A., Murphy J.J., 2010. Bridging the Gap : Fire Safety and Green Buildings,National Association for Fire Marshals

Anonim, 2007. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete sayı: 26735

Anonim, 2009. https://www.theguardian.com/world/2009/feb/11/television-cultural-centre-tower-beijing-fire_10.05.2019 15:35

Lakot E.,Öztürk N.,2016. Bina Cephelerinde Titanyum Çinko Levha Uygulamaları, 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 2– 3 Haziran 2016

Anonim, 2009.http://www.thebeijinger.com/blog/2014/02/09/five-years-ago-today-cctv-hotel-tower-burns 15.05.2019 20:50

White N., Delichatsios M., 2015. Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components,Springer Yayınları, Syf:37-40, 2015

Anonim, 2017. https://www.designbuild-network.com/features/fire-lessons-grenfell-tower-tragedy/attachment/grenfell_tower_remains-credit-chiraljon/ 13.05.2019 12:25

Griffin, A., 2017."The fatal mistake made in the Grenfell Tower fire". The Independent. Sayı :14.06.2017

Booth, R., 2017. " Grenfell Tower: insulation was not certified for use with flammable cladding",Sayı :14.06.2017 The Guardian

Grazyna M., 2018. Impact of Grenfell Tower fire disaster on polyisocyanurate industry, Polimery Dergisi,63, no:10

Anonim,2015. Post Incident Analysis Report, MFB, DocCentral 1009072

Genco, G.,2015. Lacrosse Building Fire Report, City Of Melbourne

Kanan N.Ö., Beyhan F., 2013. Enerji Etkin Yapılarda Binalarda Çift Katmanlı Cephe Sistemlerinin Yangın Güvenliği, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – Yayın no:1515

Anonim,2018.
https://indianexpress.com/article/cities/mumbai/mumbai-major-fire-breaks-out-at-beaumonde-towers-5216404/ 23.05.2019 21:47

ANKARA GAR YERLEŞKESİ'NİN BİR PARÇASI OLARAK "ANKARA OTELİ" VE DEĞER TEMELLİ KORUNMASI

Şule Nur Altın*

**Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye*
E-mail:sulenuraltin@hotmail.com

Aysu Akalın**

***Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye*
E-mail:aysuakalin@hotmail.com

Esra Özkan Yazgan ***

****Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye*
E-mail:esraozkanyazgan@gmail.com

Özet: Çalışmanın konusu Ankara Gar Yerleşkesi'nin bir parçası olarak 1924 yılında inşa edilen ve günümüzde kullanım dışı kalan Ankara Oteli'nin bir kültür mirası olarak sahip olduğu değerlerin belirlenmesi ve korunmasına yönelik önerilerin geliştirilmesidir. Ankara, demiryolu ile 19.yy sonunda tanışmış ve 1937 yılına kadar Osmanlı Dönemi'nde inşa edilen ilk istasyon binası kullanılmıştır. Cumhuriyet'in ilanı ile birlikte Gar Yerleşkesi'ne eklenen ilk yapı olan Ankara Oteli, başkentin hızla artan konaklama ihtiyacını karşılamak amacıyla tasarlanmıştır. O dönemde kentin tek konaklama yapısı, 19.yy sonunda inşa edilen, insanların binek hayvanları ile konaklayabildiği Taşhan'dır. Bu bağlamda yapı, Cumhuriyet tarihinin modern anlamda tasarlanan ilk oteli olma özelliği taşımaktadır. Ancak yapı tamamlandığında dönemin ihtiyaçları nedeniyle TCDD'ye ait yönetim binası olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1960'larda yurt olarak işlevlendirilen yapı, 1990'dan 2019 yılına kadarki dönemde T.C.D.D. Müzesi ve Sanat Galerisi olarak yaşamını sürdürmüştür. Cumhuriyet'in ilk yıllarında, yeni kurulan başkentin ilk modern konaklama yapısı olarak tasarlanan ancak hiçbir zaman özgün işlevi ile kullanılamayan yapı, fiziksel bütünlüğünü ve özgün mimari niteliklerini koruyarak günümüze ulaşmayı başarmıştır.

Ankara Oteli başkentin kentleşme sürecinin ve modern hayata geçişin tanıklarından biri olarak geleceğe aktarılması gereken bir kültür mirasıdır. Çağdaş koruma disiplini, kültürel mirasın salt fiziksel sürekliliğini sağlamaya yönelik bir çaba olmanın ötesinde, bu mirası değerler bütünü olarak sürdürmeye yönelik bir anlayışa vurgu yapmaktadır. Bu bağlamda, kültür varlıklarının korunması, değer temelli bir yaklaşımla ele alınan bir sürece evrilmiştir. Bu kapsamda, çalışmanın ilk aşamasında, Ankara Oteli'nin mimari özellikleri incelenerek, dönemin konaklama yapıları içerisindeki yeri ortaya konmaktadır. Çalışmanın ikinci aşamasında, Gar Yerleşkesi'nin bir parçası olarak yapının, başkentin inşa sürecindeki rolü ve Türkiye'nin modernleşme serüvenindeki önemi irdelenerek, sahip olduğu soyut ve

somut değerlerin tanımlanması hedeflenmektedir. Sonuç olarak, Ankara Oteli'nin sahip olduğu değerler bütününün geleceğe aktarılmasına yönelik önerilerin ortaya konması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Demiryolu mirası, Ankara Gar Yerleşkesi, Ankara Oteli, değer temelli koruma

Giriş

Sanayi devrimiyle birlikte buhar gücü ile çalışan makinaların kullanılması, sosyal ve kültürel alanda köklü dönüşümlere neden olmuştur. Ulaşım alanındaki gelişmeler kapsamında demiryolunun kullanımı, toplumsal hayatı doğrudan etkileyen gelişmelerden birisidir. Demiryolunun kullanımıyla birlikte ortaya çıkan gar binaları ve yerleşkeleri, bulundukları çevrelerin gelişiminde rol oynayan kentsel mekânlar olmuştur. Bu bağlamda, demiryolu mirası olarak adlandırılan bu yapılar, kent belleği bağlamında büyük öneme sahiptir. Ankara Gar Sahası da demiryolu mirası kapsamında koruma altına alınan kültürel miras öğelerinden bir tanesidir.

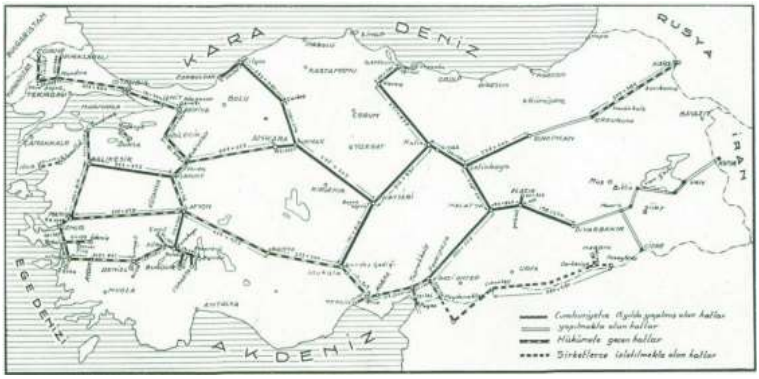
Ankara'nın demiryolu ile 19.yy sonunda tanışmasıyla birlikte 1893 yılında ilk istasyon binası inşa edilmiştir. Cumhuriyet'in ilanıyla birlikte Gar Sahası'na eklenen ilk yapı 1924 yılında tamamlanan Ankara Oteli'dir. Özgün işlevi ile hiçbir zaman kullanılmayan, günümüze ulaşana kadar birçok farklı kullanıma ev sahipliği yapan yapı, yerleşkenin üzerinde çalışma yapılmamış bir öğesi olarak bu bildirinin konusunu oluşturmaktadır.

Ülkemizde Demiryolu Taşımacılığının Gelişimi Ve İstasyon Otelleri

19. yy. sanayileşmenin ilk adımlarının atıldığı, buluşlar ve teknik yeniliklerin hız kazandığı bir zaman dilimidir. Avrupa'da yaşanan bu gelişmeler zamanla tüm dünyayı etkisi altına almaya başlamıştır. Demiryolu ile ulaşım dünyada ilk olarak 1825 yılında kullanılırken, Osmanlı Devleti'nin demiryolu ile tanışması Abdülaziz döneminde olmuştur. Ülkemizdeki ilk demiryolu hattı, 1856 yılında Aydın-İzmir arasında yapılmıştır (Aydın 2001).

Cumhuriyet'in ilanıyla birlikte, ülkenin baştanbaşa demiryolu ağlarıyla donatılması ve fabrikaların demiryolu güzergâhına göre konumlandırılması stratejisi benimsenmiştir (Cengizkan, 2009, s. 216). Osmanlı Dönemi'nde başlayan demiryolu taşımacılığının tüm Anadolu'ya erişimi kolaylaştırması, yeni kurulan Cumhuriyet için simgesel bir değer taşımaktadır (Harita 1). Demiryolu hatları öncelikle İç Anadolu Bölgesi'nin doğusu, Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgesine yönelmiştir.

Bu yeni ulaşım ağı ile birlikte, Ankara, Adana, Malatya, Niğde ve Eskişehir'de gar binaları yapılmıştır. Garlar, Tanyeli'nin de belirttiği gibi, "…sadece bir demiryolu durağı değildir, bir kentin ulusal sisteme katılması ancak onunla olanaklıdır" (Tanyeli, 1998, s. 105).



Harita 1. Cumhuriyet Döneminde 15 yılda yapılmış hatlar,1938

(T.C.D.D., 2006, s. 57)

Demiryolu taşımacılığı ile birlikte ortaya çıkan konaklama ihtiyacını gidermek amacıyla otel inşa edilmesi, Osmanlı Dönemi'nden itibaren karşımıza çıkan bir uygulamadır. Çalışma kapsamında yapılan araştırmalar sonucunda, Osmanlı Dönemi'nde inşa edilen beş adet istasyon oteli saptanmıştır; Ankara- İstanbul hattında durak görevi gören Eskişehir'de yer alan Eskişehir Alman Misafirhanesi, Kocaeli'nin Derince ilçesinde yer alan Derince Eski İstasyon Oteli, Konya'da yer alan Konya Bağdad Oteli, İzmir'in Selçuk ilçesinde yer alan Grand Huck-Ephese ve İzmir Demiryolu Palas Oteli. Bu erken dönem istasyon otellerinin büyük bir konut ölçeğinde olduğu ve geleneksel konut mimarisine benzer bir anlayışla tasarlandığı görülmektedir (Resim1-4).

Resim 1.Eskişehir Alman Misafirhanesi, 1891(www.google.com)

Resim 2.Derince İstasyon Oteli, 1910 (Derince Belediyesi)

Resim 3.Konya Bağdat Oteli, 1912 (www.google.com)

Resim 4.Grand Huck-Ephese, ? (www.google.com)

Cumhuriyet Dönemi'nde inşa edilen ilk istasyon oteli ise, çalışmanın konusunu oluşturan Ankara Oteli'dir. Yapı konaklama işlevi ile kullanılmadığı için kent, ilk modern oteline 1927 yılında Ankara Vakıf Oteli'nin inşası tamamlandığında kavuşur. 1920'li yıllara inşa edilen Belvü Palas ve Büyük Otel dönemin diğer modern konaklama yapılarıdır.

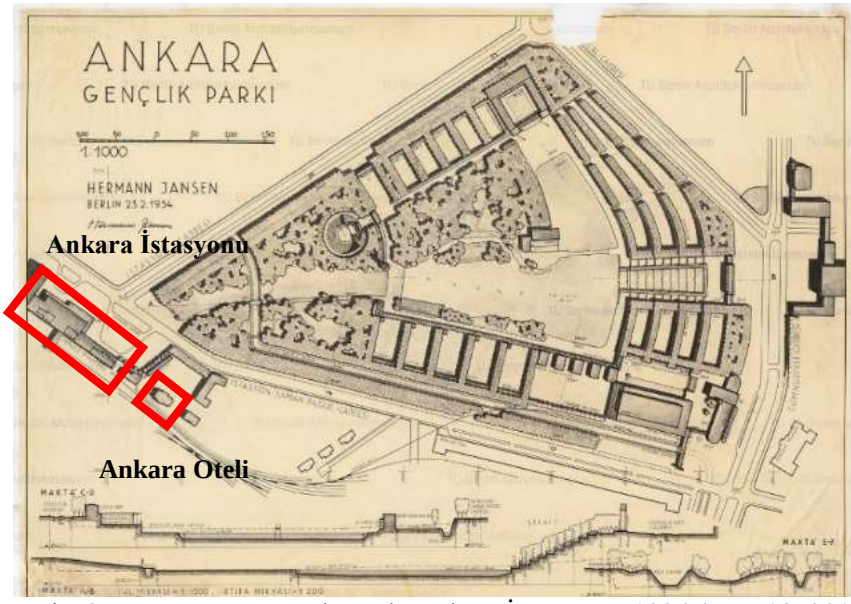
Ülkemizde yüksek hızlı trenlerin kullanımıyla birlikte, gar yerleşkeleri hızlı bir dönüşüm ile karşı karşıya kalmıştır. 2016 yılında yüksek hızlı trene geçiş ile birlikte, Ankara Gar Yerleşkesi içerisine, Türkiye'nin ilk yüksek hızlı tren garı inşa edilmiştir. Bu yeni YHT Garı'nın içerisinde, yapının bir parçası olarak tasarlanan bir otel de bulunmaktadır.

Resim 5.YHT Garı (www.google.com)

Şekil 1.The Ankara Oteli

Ankara'da Geçmişten Bugüne Demiryolu Taşımacılığı Ve Gar Yerleşkesi'nin Gelişimi

Demiryolu ağı Ankara'ya ulaştığında, yerleşim tarihinin en yoksul dönemlerini yaşamaktadır. 1892-93'te ilk istasyon binası inşa edilmiş (Resim 6), sonrasında Anadolu Demiryolu Şirketi yönetim binası ve yönetici lojmanı eklenmiştir (TMMOB, 2009, s. 35). 1934 tarihli Jansen tarafından hazırlana Gençlik Parkı Planı'nda, Ankara Gar Yerleşkesi'nin bir bölümü ve Ankara Oteli görülmektedir (Harita 2)



Harita 2 Hermann Jansen planında Ankara İstasyonu, 1934 (URL18, 2019)

Bu dönemde kentin tek konaklama yapısı 19.yy sonunda inşa edilen Taş Han'dır. Yapının konaklama ihtiyacını karşılamakta yetersiz kalması nedeniyle, 1892-93 yılında inşa edilen yönetim binası (günümüzde Atatürk Konutu ve Müzesi olarak kullanılmaktadır) bir süre otel olarak kullanılmıştır (Resim 7). 1924 yılında, çağdaş bir konaklama yapısı elde etmek amacıyla bir istasyon oteli tasarlanmasına karar verilmiştir. (Resim 9).

Cumhuriyet Dönemi'nde Ankara Gar Yerleşkesi, Ankara Oteli, İstasyon Binası, Gar Gazinosu, Genel Müdürlük Binası, 2. Bölge Binası, gündüz bakım evi-kreş ve lojmanları barındıran, kendi ihtiyaçlarını karşılayabilen bir merkez halini almıştır.

Resim 6. Ankara Eski Gar İstasyon Cephesi, 1893
(T.C.D.D., 2006: 125)

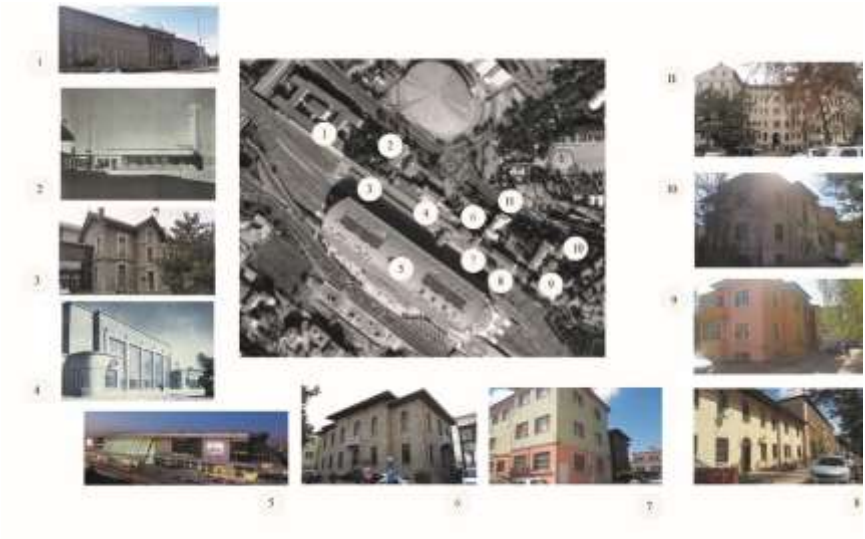
Resim 7. Atatürk Konutu 1990'lerin Başı

(Demiryolu Ansiklopedisi, 2013: 267)

Resim 8. Taş Han
(Cengizkan, 2003, s. 17)

Resim 9. Ankara Oteli

Günümüzde Ankara Tren Garı yerleşkesi, yüksek hızlı trenin kullanıma başlamasıyla birlikte kapsamlı bir dönüşüm geçirmektedir. 2016 yılında Yüksek Hızlı Tren Garı inşa edilmiş ve yerleşkedeki bazı yapılar işlevini kaybetmiştir. Bu değişimin yanı sıra, bazı yapıların mülkiyet değişimi ile birlikte, sit alanı statüsündeki yerleşkenin nasıl korunacağı ve işlevsiz kalan yapıların nasıl değerlendirileceği ile ilgili belirsizlik devam etmektedir.



Harita 3 Ankara Gar Sahası
1- Genel Müdürlük 6-Ankara Oteli
2- Gar Gazinosu 7,8,10-Lojman

3-Direksiyon Binası
4-İstasyon Binası
5-YHT Garı
9-Gündüz Bakım Evi
11-T.C.D.D.Taşımacılık

Ankara Oteli

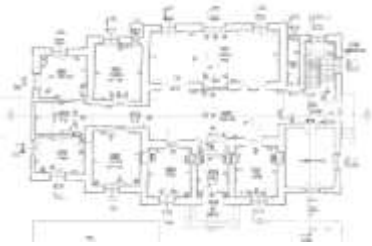
Demiryolu ulaşımı ile birlikte kentin artan konaklama ihtiyacına çözüm bulmak için, 1924 yılında T.C.D.D.'nın mimarı Kemal Süha Esen tarafından 'Ankara Oteli' projesi hazırlanmıştır.

Anadolu-Bağdat Demiryolu şirketinin 1924 yılında millileştirilmesiyle beraber, yönetim birimi için mekân ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Aynı yıl yapımı tamamlanan Ankara Oteli binasının yönetim için kullanılmasına karar verilmiştir. Yapı, 1924-1964 yılları arasında T.C.D.D. Genel Müdürlüğü, 2. Bölge Baş Müdürlüğü ve Muhasebe Müdürlüğü olarak kullanılmıştır. 1964-1965 eğitim ve öğretim yılında, kurum çalışanlarının yükseköğrenim gören çocuklarının kullanımı için 'T.C.D.D. Yüksek Tahsil Öğrenci Yurdu' olarak hizmete açılmıştır. 2 Temmuz 1979 yılında yurt kullanıma kapatılmıştır (Akın, 1999). Ankara Oteli 1980-1988 yılları arasında, T.C.D.D. Eğitim Dairesi Başkanlığı tarafından kullanılmıştır. 1990 yılında, kurum tarafından yapının T.C.D.D. Müzesi ve Sanat Galerisi olarak kullanılmasına karar verilmiştir. 2019 yılına kadar müze işlevini sürdüren yapı, günümüzde kullanım dışıdır. Tarihsel süreçte yapı, dönemin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla farklı amaçlara hizmet etmiş ancak hiçbir zaman özgün işlevi ile kullanılamamıştır.

Şekil 2.Ankara Oteli'nin yıllara göre işlevi

Yalın bir cephe diliyle tasarlanmış yapı, dikdörtgen plan şemasına sahiptir (Şekil 3).Yarım bodrum kat üzerine iki kat olarak inşa edilmiştir (Şekil 7). Zemin kat ve 1.kat plan şemaları, benzer kurguda olup koridora açılan oda dizileri şeklindedir (Şekil 3, 4).

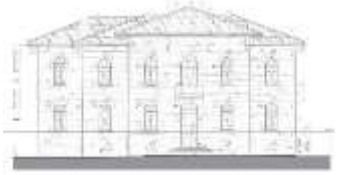
Yapının dış cephesinde yerel malzeme olan Ankara taşı kullanılmıştır. Yapının, simetrik olmayan mimari kurgusunda, yüksek tavanlı mekânlar, her katta farklı tipte pencere kullanımı, 1. katta kuzey ve batı cephesinde yer alan balkonlar dikkat çeker. Doğu cephesi, sonradan bitişik nizam olarak inşa edilen lojman binası nedeniyle kapanmıştır. Yapının çatısı, kırma çatı şeklindedir ve payandalarla desteklenen geniş saçaklar mevcuttur. (Şekil 6).



Şekil 3. Rölöve, Zemin Kat Planı

Şekil 4.Rölöve, 1. Kat Planı

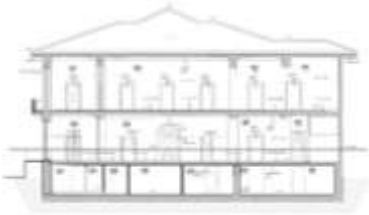
Şekil 5. Rölöve, Bodrum Kat Planı



Şekil 6. Rölöve,Kuzey Cephesi

Şekil 7. Rölöve, Güney Cephe

Şekil 8. Rölöve, Batı Cephe



Şekil 9. Rölöve,1-1 Kesiti

Şekil 10. Rölöve, 2-2 Kesiti

Resim 10. Ana Giriş

Resim 11. Ana Giriş

Resim 12. Zemin Kat Hol

Resim 13. Zemin Kat Sergi Salonu

Resim 14. 1. Kat Hol

Resim 15. 1. Kat Müze Salonu

Resim 16. 1. Kuzey Cephesi

Resim 17. Güney Cephesi

Resim 18. Batı Cephesi

Kültürel Mirasın Değer Temelli Korunması

Günümüzde tarihi çevreleri fiziksel özellikleriyle bir yapı stoğu olarak ele alan koruma anlayışının yerini, bu çevrelerin barındırdıkları değerler bütünüyle korunmasını amaçlayan değer temelli bir yaklaşım almıştır (Barthel, 1996, s. 2)

Kültürel mirasın korunmasının altında yatan temel neden, sahip olduğu değerlerdir (Assessing the Values of Cultural Heritage, 2002). Koruma eylemini amacı, kültür mirasının fiziksel sürekliliğini sağlamanın ötesinde, bu mirasın somutlaştırdığı değerleri korumaktır (Avrami, Mason, & de la Torre, 2000) Kültür varlıklarının sahip olduğu değerler bütünün tanımlanması, öncelikle bu mirasın kökeni ve özgün karakterinin anlaşılması, zaman içinde nasıl ve neden değiştiğine ilişkin değerlendirmeler ile mümkündür.

1902'de Avusturyalı sanat tarihçisi Alois Riegl "Modern Anıt Kültü" başlıklı makalesinde, tarihi yapıların sahip olduğu değerler üzerine ilk

tartışmayı ortaya koymuştur. Riegl bu çalışmada tarihi yapıları "amaçlanmış anıtlar ve "amaçlanmamış anıtlar" olmak üzere ikiye ayırmıştır. Tarihi yapıların sahip olduğu değerleri ise, eskilik değeri, tarihi değer, anımsatma değeri ve güncel değerler başlıkları altında ele almıştır (Riegl, 2015, s. 54). Riegl, tarihi eserlerin korunmaları ile ilgili değerlendirmenin geçmişe ait "anımsatma" değerleri ile şimdiki zamana ait "güncel" değerleri arasında yapılacak bir karşılaştırma sonucunda belirlenmesi gerektiğini savunmaktadır. (Modern Anıt Kültü, s: 14)

Riegl'in öncü çalışması dışında, kültürel mirasın sahip olduğu değerleri tanımlayan ve kategorilere ayıran pek çok çalışma mevcuttur. (Feilden and Jokilehto 1993, English Heritage 1997 ve 2007, Mason 2002, Feilden 2003, Throsby, 2006, Avrami, Mason, & de la Torre, 2000, Bond & Worthing, 2008, Orbaşlı, 2008) (Şekil 11). Bu çalışmalarda, değerler farklı başlıklar altında gruplandırılırmıştır.

Riegl 1902	Feilden, Jokilehto 1993	English Heritage 1997	Mason 2002	Feilden 2003	Madran, Özgönül 2005	Köksal 2005	Throsby 2006
-Eskilik -Tarih -Anımsatma -Güncel	-Kültürel Güncel/ sanat veya teknik Enderlik -Çağdaş sosyo ekonomik Ekonomik Fonksiyonel Sosyal Politik	-Kültürel -Estetik -Eğlence -Ekonomik -Kaynak	-Sosyo kültürel Tarih Kültürel/sembol Sosyal Manevi Estetik -Ekonomik Kullanılan/sektör Kullanılmama Pazardışı	-Duygusal -Kültürel -Kullanım	-Süreklilik -Tarih -Hatıra -Mitolojik -Sanatsal ve teknik -Özgünlük -Enderlik -Tek olma -Grup -Çeşitlilik -Homojenlik -Ekonomik -Fonksiyonel -Geleneksel -Eğitim -Belge	-Tarihi önemi -Fonksiyonel önemi -Kültürel önemi -Sembolik önemi -Mimari-sanatsal önemi -Enderlik değeri -Kullanım sürekliliği -Özgünlük değeri(tasarım, malzeme, inşa tekniği, lokasyonu, ekipmanı) -Çevresel önemi (bölgesel, şehir, ulus, uluslararası)	-Estetik -Manevi -Sosyal -Tarihi -Özgünlük

Şekil 11. Kültürel mirasın değer gruplandırması (Bond, & Worthing, 2008)(Madran, &Özgönül, Köksal, 2005)

Ankara Oteli'nin Değer Analizi

Ankara Gar Yerleşkesi, Osmanlı Dönemi'nden bugüne ulaşan birikimiyle, kentin biçimlenmesinde ve toplumsal hayatın gelişiminde belirleyici etkileri olan bir kültür mirasıdır. Bu yerleşkenin bir parçası olarak inşa edilen Ankara Oteli, Cumhuriyet tarihinin modern anlamda tasarlanan ilk oteli olma özelliği taşımaktadır. Gar Yerleşkesi'nin en eski yapılarından birisi olarak, başkentin kentleşme sürecinin ve modern hayata geçişin tanıklarından biri olarak geleceğe aktarılması gereken bir kültür varlığıdır. Bu bağlamda, yapının sahip olduğu değerlerin belirlenmesi, somut ve soyut niteliklerinin sürekliliğinin ve yeniden kullanımının sağlanması için önemli bir basamaktır. Bu kapsamda yapının sahip olduğu değerler üç ana başlıkta incelenmiştir;

Tarihi değeri: Ankara Oteli, Gar yerleşkesinin en eski Cumhuriyet dönemi yapısı olarak tarihi değere sahiptir.

Teknik/sanat değeri: Bir demiryolu yerleşkesi yapısı olarak, inşa edildiği dönemin mimari ve teknik özelliklerini yansıtmaktadır.

Özgünlük Değeri: Zaman içerisinde özgün işlevi dışında pek çok işlevle kullanılmasına karşın, karakteristik niteliklerini büyük ölçüde korumayı başaran yapı, özgünlük değerine sahiptir.

Belge değeri: Ankara Oteli, bir demiryolu mirası öğesi olarak, ait olduğu dönemin sosyal, toplumsal ve kültürel özelliklerini yansıtan belge değerine sahiptir.

Sosyokültürel değeri: Gar Yerleşkesi'nin bir parçası olarak yapı, başkentin inşa sürecindeki rolü ile Türkiye'nin modernleşme serüveninin önemli tanıklarından birisidir.

Politik değeri: Osmanlı Dönemi'nde başlayan demiryolu ulaşımına yönelik çalışmalar, Cumhuriyet Türkiye'si için toplumsal, siyasi ve ekonomik alanda önem taşımaktadır. Anadolu'ya erişimi kolaylaştıran bu ulaşım ağı, genç Türkiye Cumhuriyeti için simgesel bir anlama sahiptir. Bu bağlamda yapı politik değere sahiptir.

Estetik değeri: Ankara Oteli, dönemin mimari anlayışını yansıtan mekan kurgusu, cephe düzeni ve malzeme kullanımıyla, estetik değere sahiptir.

Eğitim değeri: Eğitim değeri, dönemin mimari anlayışı, toplumsal yaşantısı gibi farklı konularda bilgi vermesi nedeniyle Ankara Oteli için de geçerlidir.

Sembolik değeri: Demiryolu ulaşımının, Osmanlı Dönemi'nden itibaren toplumsal hayatta ve kent hayatında kalıcı etkileri olmuştur. Ankara'nın modernleşmesinin sembolü olarak gar yerleşkesi bütünü ve başkentin çağdaş bir otel olarak tasarlanan ilk yapısı olarak Ankara Oteli sembolik değer taşımaktadır.

Anı değeri: Yapı günümüze ulaşana kadar TCDD'nin çeşitli idari birimleri, yurt ve son olarak müze ve sergi salonu işlevini üstlenmiştir. Bu bağlamda, yapının kamuya hizmet ettiği dönemde demiryolu personelinin ve yurt öğrencilerinin biriktirdiği anılar, müze ve sergi salonu olarak kullanıldığı dönemde ise kentlinin kültürel paylaşımları anı değerini oluşturur.

Enderlik değeri: Ankara Oteli, hem Cumhuriyet'in ilk modern oteli olması, hem de dönemin ihtiyaçları nedeniyle hiçbir zaman özgün işlevinde kullanılamamış olması nedeniyle enderlik değerine sahiptir.

Benzersizlik değeri: Yapı, Cumhuriyet Dönemi'nin çağdaş bir anlayışla tasarlanan ilk oteli olması nedeniyle benzersizlik değerine sahiptir.

Grup değeri: Cumhuriyet Dönemiyle birlikte gar sahaları kendi ihtiyaçlarını karşılayabilecek yerleşkeler olarak inşa edilmiştir. Gar yerleşkeleri, lojman, eğitim birimi, postane, restoran vb. gibi farklı işlevlere ait birimleri barındırmaktadır. Ankara Oteli de Ankara Gar

Yerleşkesi ’ne eklemlenen bir yapıdır. Bu yönüyle bütünün bir parçası olarak grup değeri taşımaktadır.

Kullanım sürekliliği ve işlevsellik değeri: Yapı, inşa edildiği tarihten günümüze kadar çeşitli işlevler yüklenmiştir. Bu bağlamda Ankara Oteli’nin kullanım sürekliliği bulunmaktadır. Günümüzde, işlevsiz kalan Ankara Gar Sahası’nda bulunan diğer yapılar gibi, Anakara Oteli’nin de kullanım değeri bulunmaktadır.

Piyasa değeri: Gar Yerleşkesi, kent merkezindeki konumu nedeniyle önemli bir ekonomik değere sahiptir.

Sonuç

Ankara Oteli, Cumhuriyet’in kuruluş aşamasında, inşa edilmiş bir yapı olarak, ülkemizin demiryolu serüveninde önemli bir bellek mekanıdır. Çağdaş koruma anlayışı, kültürel mirası sadece bugün sahip olduğu değerleri dikkate alarak korumak yerine, geçmişte sahip olduğu değerleri de vurgulayarak sürekliliği sağlamayı hedefler. Nora ‘Hafıza Mekânları’ adlı eserinde, kent kimliklerinin, kimliği oluşturan öğelerin sürekliliği ile var olduğunu, kent yaşamının günümüz ile ilgili deneyimlerinin, büyük çapta geçmiş hakkında bilinenlerin üzerine yerleştiğini ve kentle ilgili gelecekteki bir deneyime katkısının ancak geçmişin bir hatırası olarak işaretlenmesiyle mümkün olabileceğini belirtmiştir (Nora, 2006). Bu bağlamda yapının kentteki konumu, mimari nitelikleri ve sahip olduğu soyut ve somut değerler göz önüne alındığında, özgün kimliğiyle gelecek nesillere aktarılması, başkentin tarihsel sürekliliğine önemli bir katkı sağlayacaktır.

Ankara Oteli’nin bir kültür varlığı olarak korunması sürecinde, Yüksek Hızlı Tren Garı’nın inşasıyla birlikte değişim sürecine giren Ankara Gar Yerleşkesi’nin bir parçası olarak, bütüncül bir yaklaşımla ele alınması, yerleşkenin başkentin inşası sürecindeki simgesel değerinin dikkate alınarak, Cumhuriyet Dönemi’nin otel olarak tasarlanmış ilk yapısı olma özelliğinin göz önünde bulundurulması önemlidir.

Kaynaklar

Akın, İ. (2001). Kurtuluş Savaşı’nda Atatürk Konutu ve Demiryolları Müzesi. *Kebikeç*, 235-249.

Assessing the Values of Cultural Heritage (2002). Research Report Edited by Marta de la Torre The Getty Conservation Institute, Los Angeles.

Avrami, E., Mason, R., & de la Torre, M. (2000). *The spheres and challe*nges of conservation. In: Values and Heritage Conservation, Research Report. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Aydın, S. (2001). Türkiye'nin Demiryolu Serüvenine Muhtasar Bir Bakış. Kebikeç(11), 51-54.

Berthel, D. (1996). Historic Preservation Collective Memory and Historical Identity. New Jersey: Rutgers University Press.

Bond, S., & Worthing, D. (2008). Cultural Significance. S. Bond, & D. Worthing içinde, *Managing Built Heritage The Role of Cultural Significance* (s. 47-101). UK: Blakwell Publishing.

Cengizkan, A. (2009). *Fabrikada Barınmak* (1. Baskı b.). Ankara: Arkadaş Yayınevi.

Erder, C. (1986). *Our Architectutal Heritage: from Consciousness to.* Paris: UNESCO.

Holland, A., & Rawles, K. (1993). Values in conservation. *Ecos, 14*(1), 14–19.

Kösebay Erkan, Y., & Ahunbay, Z. (2008). Anadolu Demiryolu mirası ve korunması. *İTÜ Dergisi/a mimarlık, planlama, tasarım*, 14-25.

Madran, E., & Özgönül, N. (2005). *Kültürel ve Dogal Degerlerin Korunması.* Ankara: TMMOB.

Nora, P. (2006). 'Hafıza Mekânları', (çev) Mehmet Emin Özcan, Dost Kitabevi Yayınları, Ankara.

Orbaşlı, A. (2008) Architectural Conservation: Principles and Practice, Blackwell Science

Riegl, A. (2015). Anıtların Değeri ve Tarihi Gelişimi. A. Riegl içinde, *Modern Anıt Kültü* (E. Ceylan, Çev., s. 15-58). İstanbul: Daimon Yayınları.

Tanyeli, U. (1998). Mekanlar, Projeler, Anlamları. U. Tanyeli içinde, Üç Kuşak Cumhuriyet (s. 105). İstanbul: Türk Tarih Vakfı Yayınları.

TC Ankara Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (2016). *Kültürlerin Harmanlandığı Türkiye Cumhuriyetinin Başkenti Ankara.* Ankara.

T.C.D.D. (2006). *Ankara - Erzurum Demiryolunun Sivas - Erzincan Kısmının İşletmeye Açılma Töreni Hatıralarından.* Ankara: T.C.D.D.

T.C.D.D. (2013). *Demiryolu Ansiklopedisi.* Ankara: T.C.D.D.

TMMOB. (2009). *Bina Kimlikleri Söyleşisi Ankara Gar Kompleksi.* Ankara: Mimarlar Odası Ankara Şubesi.

KENTSEL BÜYÜMENİN ETKİSİYLE GELENEKSEL YERLEŞİMLERDE YAŞANAN SORUNLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA İRDELENMESİ

Nihal Arda AKYILDIZ[*], Tuba Nur OLĞUN[**]

[*] *Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Elazığ, Türkiye E-mail: nihalardaa@hotmail.com*

[**] *Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Elazığ, Türkiye E-mail: tubanurbaz@gmail.com*

Özet: Kentler sürekli değişen ve dönüşüm geçiren; dinamik ve canlı organizasyonlardır. Kentin tüm kullanıcılarını saran ve onlardan etkilenen bu organizasyonlar, değişen ihtiyaçlar ve çağın gerekliliklerine göre dönem dönem farklı nitelikler taşırlar. Bu bağlamda bazı kentler geçmişin izlerini günümüzde de bünyelerinde barındırırken; bazıları ise bu izleri tamamen kaybedebilmektedir.

Geçmişin izlerini bünyesinde barındıran kentlerde yer alan geleneksel yerleşimler, kimi durumlarda kentin bir bölgesinde, ayrı hâlde kalmaktadır. Kimi durumlarda ise kentin kalbi olarak nitelendirilebilecek bir bölgede bulunabilmekte ve kent, bu bölgenin çevresinde gelişebilmektedir. Her iki durumda da geleneksel yerleşim alanlarının, yeni gelişen kent bölgeleriyle ilişkilerinde gerek mimari, gerekse sosyal anlamda pek çok sorunla karşılaşılmaktadır. Söz konusu sorunların aşılabildiği ölçüde kentler; sürdürülebilir bir şekilde planlanarak gelecek nesillere, geçmişin izlerini de taşıyarak aktarılabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, sürdürülebilir mimarlık çerçevesinde, geleneksel yerleşimlerin içinde yer aldıkları kentlerle ilişkisini irdeleyerek; bu bağlamda korunmalarına katkı koymaktır. Çalışma kapsamında ülkemizden farklı geleneksel ve çağdaş yerleşim örnekleri ele alınarak, bu yerleşimlerin gelişim süreci ve birbirileri ile entegrasyonları sürdürülebilirlik kavramı üzerinden değerlendirilecektir. Çalışma sonucunda yapılan değerlendirme ve tartışmaların, bir arada bulunan geleneksel ve çağdaş yerleşim dokularının doğru yaklaşımlarla gelecek nesillere aktarılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel Yerleşim, Kentsel Büyüme, Sürdürülebilirlik.

Giriş

Sürdürülebilirlik, farklı pek çok disiplin için önemli bir kavramdır. Özellikle son yıllarda doğal kaynakların hızla tükenmesi, gelecek nesillerin

bu olumsuzluktan en az düzeyde etkilenmesi adına çabaları da beraberinde getirmiştir. Söz konusu çabaların bir ürünü olarak ele alınabilecek olan sürdürülebilirlik kavramı, günümüze uzanan süreçte giderek detaylandırılmış ve mimarlık disipliniyle de yakından ilişkili hale gelmiştir.

Mimarlığın önemli bir parçasını oluşturan kentler, sürdürülebilirlik bağlamında büyük önem taşıyan; doğal kaynakların en çok tüketildiği organizmalardan biridir. Bu anlamda kentlerin geleneksellikten modernliğe geçiş sürecinde yaşanan değişimler, sürdürülebilirlik açısından çeşitli problemlerin de ortaya çıkmasına neden olmuştur. Buradan hareketle yapılan çalışmanın amacı, günümüzde hızla gelişen kentlerin içinde yer alan ve sürdürülebilirlik anlamında, modern yerleşimlere göre daha olumlu bir noktada bulunan geleneksel yerleşimlerin, kentsel büyüme nedeniyle sahip oldukları sorunların çözümüne katkı sağlamaktır. Çalışma kapsamında öncelikle sürdürülebilirlik kavramı tanımlanarak mimarlıkla ilişkisi değerlendirilmiştir. Bununla birlikte kentler ve geleneksel yerleşimler, sürdürülebilirlik açısından ele alınmıştır. Buradan hareketle gelişen kentlerin içinde yer alan geleneksel yerleşimlerin sorunları tespit edilmiş ve sonuç olarak bu sorunların sürdürülebilirlik çerçevesinde çözümüne yönelik öneriler geliştirilmiştir. Çalışma yöntemi olarak literatürde ilgili çalışmalardan yararlanılmış ve elde edilen bilgiler, yerinde yapılan gözlemlerle desteklenmiştir. Çalışma sonucunda yapılan tartışmaların ve ortaya koyulan önerilerin, önemli yaşam alanları olan kentlerin sürdürülebilir gelişimine katkı koyacağı düşünülmektedir.

Sürdürülebilirlik ve Mimarlık

Son yüzyılın en popüler kavramı olan sürdürülebilirlik; planlama sürecindeki anlayışın ‘her şeye rağmen’ değil, ‘her şeyi dikkate alarak’ yaşamın kurgulanmasını gerektiren zorunlu ve önemli bir çabadır (Erengezgin, 2005). Bu nedenle zamana uygun mekânsal planlamayı estetikle birleştiren sürdürülebilir mimari; sosyo-ekonomik, mühendislik, teknolojik işbirliğiyle kalkınmayı destekleyen doğal ve ekolojik talepleri temsil eden mimaridir. Yaşam alanları (habitat) için sürdürülebilirliği değerlendirmek, çevre için uygun şartlarla taleplerin karşılandığı sağlıklı uygulamaları derecelendiren sistemler tarafından gerçekleştirilir (Esaulov, 2014); (Parkin, 2000). Sürdürülebilir bir toplum için söz konusu kavramın mimarlık açısından görünür kılınması; ‘yer’ kavramının hem yerel kültür ve kimlik konularının sürekliliği, hem de yerel kaynakların sürekliliği bağlamında büyük anlam taşır. Sürdürülebilir mimari formun biçimlenmesi; yer, insan ve nabız (place, people, pulse) atışının entegrasyonundan beslenen dinamik bir süreci tanımlar (Van der Ryn & Pena, 2002). Bu süreç için ilk adım 1987’de ‘Ortak Geleceğimiz (Brundtland)’ Raporu’yla atılmış ve sürdürülebilirlik kavramı mimari

açıdan yeniden tanımlanmıştır. Bu rapor (Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu, 1991), 1960'lardaki kalkınmacı ideolojiyle, 1970'lerdeki çevreci ideolojisinin bir uzlaşması olarak geliştirilmiş bir yaklaşımdır (Tekeli, 1996). Endüstri devrimini sonrası ivme kazanan teknik ile teknolojik gelişimin her sektörü etkilediği gibi inşaat ve yapım sektörünü de etkilemiştir. İnşaat sektöründe yaşanan değişimlerle artan malzeme ve imalat teknikleri, fosil enerji kaynaklarını daha sık kullanmayı gerektirirmiş; bu da doğal çevre koruma ve kentsel mekân sürdürülebilirliğiyle ilgili çalışma ve araştırmaları hızlandırmıştır. Özellikle inşaat sektörünün yapısal doğal çevre için yarattığı tahribatın farkındalığıyla; öncelikle mimari alanda çevre dostu sürdürülebilir yaklaşımlar kabul görmeye başlamıştır.

Kent-Sürdürülebilirlik İlişkisi

Sürdürülebilirlik ile ilgili gelişmeler planlanırken, kentsel gelişim noktaları olarak yeni bağımsız bölgeler seçilmiştir. Kent olmadan önceki küçük ölçekli yerleşim birimleri geleneksel mimari ve sosyal yaşam biçimleri ile kentin farklı bir bölgesinde kalmışlardır. Aslında kent, tam anlamıyla yaşayan bir organizmadır, hem de sürekli değişime uğrayan ve karmaşık bir organizma… (Jacobs, 1961). Kentler görünüşte dayandıkları karmaşık yapıların aksine, basit simgesel bağlarla bir arada yaşamaya çalışan organizmalardır. Kentler geliştikleri bölgenin eski ev sahibi olan geleneksel mimari dokudan bağımsız mimari yaklaşımlara gelişimini yürütmektedir. Aslında aynı organizmanın parçaları olmak durumunda olan kent için; eski geleneksel mahalleri ve yeni yapılaşma alanlarının sahip olduğu farklı referanslarla bir arada varlığını yürütmesi oldukça güç olmuştur. Genel anlamda kent, yeniliğini ve modernliğini vurgulayan planlama kararlarıyla; yayıldığı bölgedeki geleneksel mimariye aykırı bir planlama anlayışıyla; kent organizmasının doğal yaşam alanında sağlıklı büyümesi ve gelişmesini sekteye uğratmıştır. Bu nedenle kent ve geleneksel mevcut çevre arasında birbirini besleyerek bir arada var olabilmeyi güçlendiren simbiyotik ilişki henüz tam anlamıyla kurgulanamamıştır. Aslında kent planlaması açısından, kentin geleneksel doğal çevresinin getirdiği avantajlara saygılı planlamanın gerçekleştirilmesi, kentin gerçek potansiyelini kullanmayı sağlayan kullanışlı bir argümandır. Sürdürülebilir kentler, sürekliliğini değişim ile koruyan, ekonomik çıkar sağlarken gelecek kuşaklar için çevre ile uyumu bozmadan gelişim gösteren kentlerdir.

Genel anlamda sürdürülebilir alanlar ekonomik, sosyal ve çevresel yaşamın sürdürülebilirliğini desteklemek için yaratılan mekânsal planlamalar olarak ele alınmaktadır (McDonald, Malys, and Maliene; 2009). Kentsel canlılığına katkı sunan geleneksel mimari alanlar bir yandan kentin tarihi ve kültürünü ifade etmesi, diğer yandan kentin

ekonomik canlılığına katkı sunan turistik bölge olma kapasitesiyle; şehrin kimlik ve ideallerini sembolize eden önemli kentsel alanlardır. Bu nedenle kentin gelişim kararları planlanırken geleneksel mahallerin de içerildiği mekânsal kararlar bu sürece katkı sunacaktır.

Geleneksel Mimari ile Sürdürülebilir Çevre Dostu Mimari Arasındaki İlişki

Konuyla ilgili Anadolu'daki mimari yapılar incelendiğinde, sürdürülebilir çevre dostu mimari örneklerin; usta-çırak-kalfa organizasyonu ve geleneksel yapım teknikleriyle birleşerek hayat bulduğu Geleneksel Türk Evlerine ait mimari yapılar ideal çözümleriyle karşımıza çıkmaktadır. Yerel mimari olarak da bilinen geleneksel mimari; bireylerin mekân taleplerinin geleneksel yöntem ve formlarla karşılandığı bir tür anonim mimari olarak da tanımlanmaktadır (Hasol, 1998). Günümüz için geleneksel mimariyi hala çağdaş ve kalıcı olarak değerlendirebilmenin sebebi; bireyin yaşam tarzını mekâna -özellikle çevresiyle bir bütünlük içinde- yansıtabilen, seçilen yöresel malzeme ve yapım teknikleri nedeniyle onu rasyonalist ve fonksiyonel bir sentezle doğa dostu olarak tanımlayabilmemizdendir (Başakman, 1991). Sürdürülebilir mimari açıdan; çevre dostu yapıların temel bileşenlerinden olan yapı malzemelerinin, tasarım kararları kadar önemli olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca yapı ömrünün yaşam döngüsü boyunca; hem çevreye katkısı ve enerji tasarrufundaki rolüyle, hem de yapının çevresiyle kurduğu fiziksel ilişkisiyle sürdürülebilirliğin gelişimine sunduğu katkılar oldukça önemlidir (Güner & ark.,2017).

Konu bu bağlamda incelendiğinde sürdürülebilir mimari örnekler olan Geleneksel Türk Evlerinin Cengiz Bektaş (2001)'ın analiziyle on ayrı planlama ilkesiyle tasarlandığını ifade edebiliriz. Bunlar; yaşama, doğaya, çevre koşullarına uygunluk, gerçekçilik, akılcılık, içten dışa çözüm, iç-dış uyumu, tutumluluk, kolaylık, ölçülerin ergonomisi, iklime uygunluk ve yapım gereçlerinin en yakından seçilmesi olarak belirlenmiş ilkeleridir. Bu ilkeler, 20. yy başında başlayarak Batı mimarlığını etkileyen Modern Mimari Akım ilkeleriyle hiç çatışmadan, hatta daha insancıl sonuçlar veren ilkeler olduğu gerçektir. Bu ilkelerden kolaylık ilkesi, yapım yöntemleri açısından kolaylığa dayanarak 'en azla en çoğa ulaşmayı' hedefler. İklime uygunluk ilkesi, evlerin 'başat rüzgârın da hesaba katılarak, gün doğuşuna bakma kararını' belirler. Yapı gereçlerinin en yakından seçilmesi ilkesi ise, evlerin yerel malzemelerle inşa edilmesinin çevreye uyumunu da kolaylıkla sağlayan doğru planlama kararlarıdır (Bektaş, 2001). Geleneksel Türk evlerinin, bölge, topografya ve iklim gibi göze çarpan fiziksel veriler doğrultusunda planlandığını söyleyebiliriz. Doğal yapı içinde iklimsel değişikliklerin bir arada bulunması, Anadolu'daki geleneksel evlerin planlama kararlarını, çevreye uyum, mekânsal planlama, biçimsel yapı ve

malzeme seçimi gibi konularda doğrudan ve güçlü bir biçimde etkilemiştir (Göğebakan,2015). (Şekil 1, 2, 3, 4).

Şekil 1. Geleneksel yapıların bulunduğu bir sokak, Kemaliye/Erzincan (13.08.2016)

Şekil 2. Geleneksel konutlar, İzmit (04.05.2018)

Şekil 3. Topoğrafya ile uyumlu bir geleneksel yerleşim örneği, Sille/Konya (13.05.2017)

Şekil 4. Özgün cephe düzeni ile öne çıkan bir geleneksel konut, Kula/Manisa (14.05.2016)

Gelişen Kentlerde Yer Alan Geleneksel Yerleşimlerin Sorunları

Tarih boyunca farklı biçimlerde tanımlanan ve düzenlenen kentler, dinamik ve değişken organizmalardır (Mesutoğlu, 2001; Topal, 2004). Bu bağlamda köklü geçmişe sahip Anadolu kentleri de günümüze ulaşan süreçte değişimler geçirmiş ve modern çağın gereklerine uygun olarak gelişim göstermiştir. Ancak yaşanan bu değişim ve gelişimler, söz konusu kentlerin pek çoğunda geçmişin izlerini taşıyan geleneksel dokuların korunmasını ve gelecek nesillere aktarılmasını güçleştirmiştir.

Özellikle son yıllarda pek çok Anadolu kentinde, kentsel gelişimin etkisiyle atıl durumda kalan geleneksel yerleşim alanlarının korunmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Söz konusu çalışmalar, bu yerleşim alanlarının gelecek nesillere aktarılması açısından önemli birer adım olurken; bazı sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu kapsamda ortaya çıkan soruların görüldüğü Gaziantep, Diyarbakır ve Eskişehir kentleri, oldukça çarpıcı örneklerdir. Söz konusu örneklerin geleneksel yerleşim alanlarının kentin içinde kalması; yeni bir alana taşınmak yerine büyümenin geleneksel yerleşim çevresinde gelişmesi, bu kentleri çalışma kapsamında incelemeye değer kılmaktadır.

Gaziantep, 7500 yıllık geçmişi ve Mezopotamya ile Akdeniz'i birbirine bağlayan konumu ile önemli bir Anadolu kenti durumundadır. Tarih boyunca pek çok medeniyete ev sahipliği yapan kent, günümüzde yoğun göç alan ve hızla gelişen önemli bir yerleşim durumundadır. (Topçu ve Bilsel, 2016). Geçmişte Gaziantep Kalesi ve çevresindeki geleneksel yapıların ağırlıklı olduğu kentte günümüzde yaşanan hızlı değişimle birlikte geleneksel yapıların bulunduğu bu alan, turistik bir merkez konumundadır. (Şekil 5, 6, 7)

Şekil 5. Gaziantep kent sınırları ve geleneksel yerleşimin odağındaki kalenin konumu (Google Maps, 2019)

Şekil 6. Kale çevresinde geleneksel konutların yer aldığı tarihi sokaklardan bazıları (Tatlıgil, 2005)

Şekil 7. Geleneksel Gaziantep evleri (Başgelen, 1999)

Gaziantep geleneksel yerleşimi, yörenin coğrafi koşullarına uygun olarak düzenlenmiş sürdürülebilir bir yerleşim örneğidir. Sıcak iklim şartlarına yönelik olarak oluşturulan; rüzgar koridoru etkisi veren dar sokakların yanı sıra yöreye özgü taş malzemelerin kullanımı, sürdürülebilirlik anlamında öne çıkan uygulamalardır. Ancak bu yerleşimin günümüzdeki durumu incelendiğinde, kentin merkezinde kalan nostaljik bir alandan ileri gidemediği; bununla birlikte kentin yerel kullanıcılarının değil zor koşullarda yaşayan mültecilerin yaşama alanı hâline geldiği görülmektedir. Bu anlamda yerleşim, her ne kadar restorasyon uygulamalarıyla gelecek nesillere aktarılmaya çalışılsa da kentin yerel kullanıcısı ile yeterince bağ kuramamıştır.

Gaziantep gibi Diyarbakır da geleneksel mimarinin çevresinde yeni bir yerleşim bölgesi gelişen kentlerden biridir. Köklü geçmişiyle oldukça büyük öneme sahip bir Mezopotamya kenti olan Diyarbakır, günümüzde geleneksel mimarinin yoğun olarak yer aldığı Suriçi bölgesi ve bu bölgenin batısında gelişen modern yerleşim alanıyla çok yönlü ve kozmopolit bir kenttir (Şekil 8, 9, 10).

Şekil 8. Diyarbakır kent sınırları ve Suriçi'nin konumu (Google Maps, 2019)

Şekil 9. Diyarbakır Suriçi haritası (Çatalbaş, 2012)

Şekil 10. Suriçi sokakları (27.10.2018)

Diyarbakır Suriçi bölgesi, gerek yapı malzemesi seçimi, gerek yapım tekniği, gerekse yerleşim planlaması ile sürdürülebilirlik mimarlık açısından oldukça faydalı bir örnektir (Şekil 11). Ancak günümüz koşulları ele alındığında, kentin geleneksel yüzünü oluşturan bu bölgede görülen ve çevresiyle uyumsuz olan yapılar; bununla birlikte koruma çalışmalarının belli yapılarla sınırlı olmasına bağlı olarak bazı alanların atıl kalması ve tehlikeli hâle gelmesi, bu bölgenin kentle entegrasyonunu zorlaştırmaktadır. Buna bağlı olarak Suriçi bölgesi yalnızca turistik anlamda öne çıkan; kentin kalıcı kullanıcıları için cazip olmayan bir alan hâline gelmektedir.

Şekil 11. Suriçi'nde bir geleneksel yapı, Cahit Sıtkı Tarancı Evi (27.10.2018)

Günümüzde hızla gelişen bir Anadolu kenti olan ve geleneksel yerleşim alanı, yeni gelişen bölgenin içinde kalan Eskişehir, çalışma kapsamında ele alınan çarpıcı örneklerden biridir. Antik dönemden günümüze uzanan süreçte pek çok medeniyete ev sahipliği yapan Eskişehir'de, kentin odak noktası olarak nitelendirilebilecek bir bölgede, Osmanlı döneminin izlerini taşıyan geleneksel Odunpazarı evleri bulunmaktadır. Eskişehir'in ilk yerleşim alanını oluşturan Odunpazarı'ndaki geleneksel yapılar, yerleşim planlarıyla da sürdürülebilir mimari ve planlama açısından önemli örnekler olarak değerlendirilebilir (Eskişehir Kent Rehberi, 2012). (Şekil 12, 13, 14).

Şekil 12. Eskişehir kent sınırları ve Odunpazarı'nın konumu (Google Maps, 2019)

Şekil 13. Eskişehir Odunpazarı haritası (Yılmaz ve Ulusoy, 2017)

Şekil 13. Odunpazarı sokakları (28.06.2018)

Odunpazarı evleri de Gaziantep ve Diyarbakır Suriçi'nde yer alan geleneksel yapılar gibi coğrafya ve iklim koşullarına uygun malzeme, yapım tekniği ve yerleşim planıyla oluşturulmuştur. Bu anlamda sürdürülebilir bir yerleşim olan Odunpazarı, günümüzde kent içinde yoğun turistik faaliyetlere ev sahipliği yapmaktadır. Ancak restore edilerek çeşitli işlevlerle turizme hizmet eden geleneksel yapılar, aslına uygun uygulamalar yapılmaması nedeniyle farklı kimliklere bürünmüştür. Kentin yerel kullanıcılarıyla entegre edilmeyen Odunpazarı bölgesi, restorasyon uygulamalarındaki farklılıklar nedeniyle de sürdürülebilir bir şekilde korunamamıştır. (Şekil 14).

Şekil 14. Restore edilen Odunpazarı evlerinden bazıları (28.06.2018)

Gaziantep, Diyarbakır ve Eskişehir, kentsel büyümenin etkisiyle geleneksel yerleşimlerde yaşanan sorunların gözlemlenmesi açısından

önemli veriler içeren örneklerdir. Bu bağlamda irdelenen örnekler ışığında tespit edilen sorunlar, genel olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Gelişen kent içinde kalan geleneksel yerleşim, genellikle turistik amaçlı kullanıldığı için kentin yerel kullanıcısına hitap etmemektedir.

- Söz konusu geleneksel yerleşimler kısmen korunmakta ya da yapılan koruma uygulamaları, aslına uygun olmamaktadır.

- Geleneksel yerleşimler kent içinde izole bir durumda kalmakta ve kullanıcıları, kentin genel kullanıcı profilinden farklı olmaktadır.

- Geleneksel yerleşimlerde görülen sürdürülebilir mimari izleri, kentin modern yerleşimine yansımamaktadır.

Sonuç

Dünyayı etkileyen son yüzyıllardaki en önemli konu kentleşme ve onun etkileridir. Kentli nüfusun artışıyla birlikte kentler, geleneksel yapısını koruyan eski yerleşim bölgeleriyle bir arada sosyo-ekonomik, kültürel yapılarının yanı sıra mimari mekân anlayışlarıyla da farklılıklarıyla bir arada yaşamlarını devam ettiren yapılaşmalardır. Günümüzde nostaljiyle eskiye dönüşe olan rağbet bu geleneksel yapıya sahip mahallelerin turizm açısından değeriyle birlikte ortaya çıkan varlığıyla dikkate alınır olmuştur. Kentsel nüfus açısından sosyal sürdürülebilirliği, mekânsal planlama kararları açısından da kentsel sürdürülebilirliği ifade eden bu bir arada var olmanın değeri günümüz kentsel planlamaları açısından daha görünür olmuştur.

Son on yıllara kadar kentleşmede sadece ekonomik yanın önemsenmesi kentleşmede bir şeylerin değişme zamanının geldiğini göstermiştir. Ekonomik yaklaşımlı kentsel gelişme, kent içindeki geleneksel mimari alanları yok saydığından, sosyal etkileşmede ortaya çıkan yabancılaşma, dışlanma gibi sosyal sorunları da ortaya çıkarmıştır. Kentin bir parçası olan geleneksel mimariye sahip alanların kente ve kentlilere sağladığı katkılar göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür. Ekonomik gelişme dışında kentlerde toplumsal ve mekânsal gelişme de önemsenmeye başlanmıştı. Artık kentin kaynakları kente ve kentlilere yetemediğinden eski ve yeni mimari mekân anlayışı ve sosyal hayat senkronize birliktelikle bir arada var olma çabasını sunmaktadır. Bu nedenlerle sürdürülebilirlik -sosyal ve mekânsal- kavramı, planlamanın ve tasarımın başlıca konusu olmuştur hatta artık sürdürülebilirliğin ekonomik boyutu kadar toplumsal boyutu da planlama açısından önemsenen konulardan olmuştur.

Çalışma kapsamında incelenen örnekler, sürdürülebilirliğin hemen her boyutunu yansıtmaktadır. Ancak kentlerin hızla gelişiyor olması; bununla

birlikte geleneksel mimarinin hızla terk edilmesi ve bu bağlamda yaşanan değişimler, çeşitli sorunları da beraberinde getirmiştir. Tespit edilen sorunların çözümüne yönelik olarak;

- Gelişen kent içinde kalan geleneksel yerleşimlerin yalnızca turistik ağırlıklı işlevlerle değil; kentin yerel kullanıcılarının da ilgisini cezbedecek fonksiyonlarla işlevlendirilmesi,

- Geleneksel yerleşim içinde yer alan kullanıcıların, kentin diğer kullanıcıları ile doğru bir şekilde bir araya getirilmesi için çalışmalar yapılması,

- Geleneksel yerleşimlerin sürdürülebilir yönlerinin detaylı olarak ortaya koyulması ve bu yönlerin izlerinin, yeni gelişen modern yerleşim alanlarına da yansıtılması,

-Geleneksel yerleşimlerde yapılan koruma uygulamalarının aslına uygun olarak gerçekleştirilmesi ile koruma ve sürdürülebilirlik bağlamında olumlu sonuçlar alınabilir.

Sonuç olarak yapılan çalışmanın, ele alınan örnekler özelinde, Anadolu'da yer alan geleneksel yerleşimlerin korunmasına ve sürdürülebilirliğine dikkati çekerek; gelecek nesillere doğru bir şekilde aktarılmalarına katkı koyacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

Başakman, M., (1991), Araştırma Projesi: Geleneksel Konut Çevrelerinin Korunması Bağlamında Geleneksel- Bölgesel Mimarinin Yorumlanması ve Modern Çevrelerin Yaratılmasına Işık Tutması: Durum Çalışması Aşağı Ulupınar, Yukarı Ulupınar, Balaban Yerleşmeleri, Fırat Üniversitesi, Elazığ.

Başgelen, N., (1999), Dünya Kültür Mirasında Gaziantep, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul.

Bektaş, C. (2001), Halk Yapı Sanatı, Literatür Yayınları, İstanbul.

Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (1991), Ortak Geleceğimiz, Çev., Çırakçı B., Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını, Ankara.

Çatalbaş, F., (2012), Suriçi Bölgesi Kentsel Dönüşüm Projesi ve Diyarbakır Turizmine Katkısı, Bozok Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, 1(1), 47-65.

Erengezgin, Ç. (2005), Enerji Mimarlığı, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü 4. Yenilenebilir Enerjiler Sempozyumu ve Sanayi Sergisi Bildiri Özetleri, 47-48, Antalya.

Esaulov, G.V., (2014), Sustainable architecture - from principles to development strategy, 6 (2014) 9-24, Vestnik of TSUAB.

Eskişehir Kent Rehberi, (2012), http://www.eskisehirkentrehberi.com/eskisehir-gezilecek-yerler/8-odunpazarievleri.html erişim tarihi: 02.05.2012.

Göğebakan, Y., (2015), Karakteristik Bir Değer Olan Geleneksel Türk Evinin Oluşumunu Belirleyen Unsurlar ve Bu Evlerin Genel Özellikleri, İnönü University Journal of Culture and Art, 1 (1),41-55, Malatya.

Güner, C., Gökşen, F.& Koçhan, A. (2017), Sürdürülebilir Kalkınma Modeli İçin Çevre Duyarlı Yapılarda Malzeme Seçiminin İncelenmesi, Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırma Dergisi

Hasol, D., (1998), Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.

Jacobs, J. (1961), The Death and Life of Great American Cities, Random House, New York.

Mesutoğlu, M. (2001), Kentsel Mekan Olarak Meydan ve Morfolojik Özellikleri. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

McDonald, S., Malys, N. and Maliene, V., (2009), Urban Planning for Sustainable Communitites: A Case Study. Technological and Economic Development of Economy, Baltic Journal on Sustainability 2009;15 (1):49-59.

Parkin, S., (2000), Sustainable development: the concept and the practical challenge, 6 (2000) 3-8, Proceedings of the ICE-Civil Engineering.

Tatlıgil, F., (2005), Gaziantep Kentinin Geleneksel Konut Dokusunun Ve Sosyo-Kültürel Yapısındaki Değişimin İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Topal, A. K. (2004). Kavramsal Olarak Kent Nedir ve Türkiye'de Kent Neresidir? Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, 6(1), 276-294.

Topçu, K. ve Bilsel, S. G., (2016), Geleneksel Gaziantep Çarşısının Mekânsal Kalite Açısından Değerlendirilmesi, Artium Mimarlık, Planlama, Sanat ve Tasarım Dergisi, 4(1), 58-74.

Van der Ryn S. & Pena R., (2002), Ecologic analogues and architecture, Construction Ecology Nature as the basis for green buildings, Ed. Charles J.Kibert, Jan Sendzimir, G. Bradley Guy, Spon Press, London.

Tekeli, İ., (1996), Habitat II Konferansı Yazıları, T.C. Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Ankara.

Yılmaz, E. M. ve Ulusoy, M., (2017), Odunpazarı Evlerinin Kültürel Miras Açısından Değerlendirilmesi:Şakirler Sokak Örneği, Akademia Sosyal Bilimler Dergisi, 1(3), 96-109.

GELENEKSEL YERLEŞİM ALANLARININ YAKIN ÇEVRELERİ VE İÇİNDE YER ALDIKLARI KENTLERE ETKİLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA İNCELENMESİ

Tuba Nur OLĞUN[*], Nihal Arda AKYILDIZ[**]

[*] *Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Elazığ, Türkiye*

E-mail: tubanurbaz@gmail.com

[**] *Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Elazığ, Türkiye*

E-mail: nihalardaa@hotmail.com

Özet

Geleneksel yerleşimler, özgün nitelikleri ve ait oldukları dönemin özelliklerini yansıtmaları ile eşsiz birer doku niteliği taşırlar. Bu dokular, fiziksel olarak sahip oldukları etkenlerin yanı sıra sosyal ve kültürel olarak da pek çok veriyi içinde barındıran alanlardır. Bu bağlamda gerek ülkemizde, gerekse diğer pek çok ülkede geleneksel yerleşimler koruma altına alınmış ve kısmen ya da tamamen onarılarak gelecek nesillere aktarılmaları hedeflenmiştir.

Geleneksel yerleşimlerin sahip oldukları fiziksel, sosyal ve kültürel veriler, yalnızca bu yerleşim dokularını değil; dokuların yakın çevrelerini ve bununla birlikte içinde yer aldıkları tüm kenti etkileyebilmektedir. Bu anlamda geleneksel yerleşimler irdelenirken, çevrelerinin ve bu yerleşimleri içinde barındıran kentlerin de mutlaka incelenmesi gerekmektedir. Söz konusu yerleşimlerin harap hâlde kalması ya da korunarak farklı şekillerde değerlendirilmesi de çevrelerini ve kenti doğrudan etkileyebilmektedir.

Geleneksel yerleşimleri etkileyen en önemli yaklaşımlardan biri de sürdürülebilirliktir. Bu yerleşimlerde yapılan her uygulamanın özellikle mimari açıdan sürdürülebilir olması, dokuların kendine özgü bir etki oluşturmasını ve bu etkinin gerek fiziksel; gerekse sosyal olarak niteliklerinin devam etmesini sağlamaktadır. Söz konusu niteliklerin sürdürülebilirliği, yalnızca bu yerleşimlere değil; çevrelerine ve kentlerin tamamına etki edebilmektedir. Bu bağlamda yapılan çalışmanın amacı, ülkemizde farklı bölgelerde yer alan geleneksel yerleşim örnekleri üzerinden; bu yerleşimlerin yakın çevreleri ve içinde

yer aldıkları kent içerisinde oluşturdukları özgün etkiyi sürdürülebilirlik açısından irdelemektir. Çalışma kapsamında farklı coğrafyalardan geleneksel yerleşim dokuları ele alınacak ve sıralanan mimari sürdürülebilirlik kriterleri üzerinden bu yerleşimlerin çevrelerine ve kentlere etkileri değerlendirilecektir. Yöntem olarak ilgili literatür taramaları ve yerinde incelemelerle çalışma detaylandırılacaktır. Yapılan çalışma sonucunda, geleneksel yerleşim dokularının korunması sürecinde sürdürülebilirliğe ve çevresel anlamda çok yönlü değerlendirmenin gerekliliğine dikkati çekmek hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel Yerleşim, Sürdürülebilirlik, Kentsel Etkileşim.

Giriş

Son yıllarda mimarlık başta olmak üzere pek çok disiplin tarafından irdelenen geleneksel yerleşimler, geçmişin yapısal, sosyo-kültürel ve çevresel tecrübelerinin geleceğe aktarılması bağlamında giderek daha önemli hâle gelmektedir. Usta-çırak ilişkisi ile inşa edilme, yerel malzeme kullanımı, doğal şartlara uyum gibi özellikleri olan geleneksel yerleşimler, bu anlamda mimari sürdürülebilirlikle de yakından ilişkilidir. Bu bağlamda geleneksel yerleşimler, yakın çevrelerine ve içinde bulundukları kentlere sürdürülebilirlik bağlamında birçok veri sağlamaktadır.

Çalışmanın amacı, geleneksel yerleşimlerin mimari sürdürülebilirlikle ilişkisini çeşitli örnekler üzerinden ortaya koyarak; bu ilişkinin, söz konusu yerleşimlerin içinde yer aldıkları kentlere ve yakın çevrelerine etkilerini tespit etmektir. Çalışma kapsamında sürdürülebilirlik kavramsal olarak irdelenmiş ve mimari sürdürülebilirlik kriterleri ortaya konmuştur. Buradan hareketle seçilen geleneksel yerleşim örnekleri, söz konusu kriterlere göre değerlendirilerek çevrelerine ve kentlere etkileri incelenmiştir. Çalışma yöntemi, literatür taramalarını ve yerinde yapılan gözlemleri içermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma ile geleneksel yerleşimlerin yalnızca kendi içinde değil; yakın çevre ve kent bağlamında da değerlendirilmesine katkı koyulacağı düşünülmektedir.

Sürdürülebilirlik ve Geleneksel Yerleşimler

Sürdürülebilirlik, sözlük anlamıyla ‘bir kaynağın; tüketilmeden, bitirilmeden sonsuza kadar yok edilmeksizin işlenme veya kullanılma yöntemi’ olarak nitelendirilir. Başka bir diğer sözlük anlamı ise, ‘devam ettirilebilirlik’tir. Gilman’a göre sürdürülebilirlik; toplumun, ekosistemin ya da devam eden herhangi bir sistemin ana kaynakları tüketmeden adı konmamış bir geleceğe kadar işlevini sürdürebilmesidir (Gilman,1992).

Sürdürülebilirlik, her şeye rağmen olmayan bir bakış açısıyla; her şeyi dikkate alarak yaşamı sürdürebilme gayretidir (Erengezgin, 2005).

Sürdürülebilirlik kavramı sadece mimarlık ve mekânsal planlama açısından değil, bugünün gereksinimlerini gelecek kuşakların da ihtiyaçlarını dikkate alarak karşılamayı, onlara daha yaşanabilir bir dünya bırakmayı, çevreye zarar vermeden kaynakları duyarlı kullanmayı, hatta atıklardan yeni enerji kaynakları oluşturmayı hedefleyen yeni bir multidisipliner bakış açısıdır. Bu temel referansla sürdürülebilir mimarlık kavramı ise; mimarlığın yerelliğe vurgu yapan bir tanımı olarak ele alınmasını mümkün kılmaktadır (Arslan, 2010). Bu bağlamda sürdürülebilir mimarlık, yerel çerçevede koşullara bağlı, değişebilir, uyarlanabilir ve bağlamsal bir mimari uygulamaya işaret etmektedir.

Sürdürülebilir mimari tasarımların amacı organik ve inorganik grupların birlikte varlıklarını sürdürebilecekleri çevreyi güvence altına alan, sağlık ve güvenliği sağlayan mimari çözümler bulabilmektir (Çelebi,2003). Çelebi'nin sürdürülebilir mimarlık ilkeleri açısından "Environmental Discourse and Conceptual Framework For Sustainable Architecture" başlıklı yayınında yer alan kriterler kapsamında;

- Çevresel duyarlılık yaratan,
- Yapı ekosistemini açıklayan,
- Sürdürülebilir binaların nasıl tasarlanacağını/üretileceğini dikkate alan bu yaklaşım doğrultusunda sürdürülebilir mimari tasarıma yönelik kavramsal bir metod geliştirilmiştir. Bu metotta -özellikle geleneksel evlerin bulunduğu alanları baz alarak;
- 'Kaynakların Korunumu',
- 'Yapı Yaşam Döngüsü Tasarımı' ve
- 'Yaşanabilir Tasarım İlkeleri' başlıkları doğrultusunda;

"Sürdürülebilir Mimarlık İlkeleri" tanımlanmaktadır (Çelebi, 2003).

Yapılı çevrenin üretiminde ve kullanımında gereken enerjinin boyutu nedeniyle mimarlık, sürdürülebilirlik tartışmaları içinde önemli bir yere sahiptir. O halde mimarın kendi mimari tarzı ile sürdürülebilirlik kaygıları birleştirerek tasarım yapması gerekmektedir. Sürdürülebilir mimarlık, yerel veriler değiştikçe yeniden tanımlanabilen doğrular üzerine kurulu olmalıdır.

Binaların tasarım ve uygulama yöntemlerinin çevre kavramı dikkate alınarak yeniden sorgulanıp değerlendirildiği günümüzde, geleneksel mimari verilerden yararlanarak, bu verileri günümüz teknolojisi ve kullanıcı beklentilerine uyarlamak doğru bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Sürdürülebilir tasarım yaklaşımıyla tasarlanan ve uygulanan binalarda daha kaliteli, sağlıklı bir yaşam sürdürmek amaçlanmalıdır.

Sürdürülebilirliğin somut uygulamalarından olan geleneksel yerleşimler; bir kabile, halk ya da köylü tarafından inşa edilen ve

yapımında mimar ya da uzman tasarımcıların görevlendirilmediği her türlü yapıyı kapsamaktadır (Oliver, 1978). Bu bağlamda geleneksel yerleşimlerin genel nitelikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Doğal ve yapılı çevre uyum içindedir.
- Yerel malzeme kullanımıyla geri dönüşümlü ve ekolojik yapılardan oluşur.
- Yapılar, uzman tasarımcılar tarafından değil; usta-çırak ilişkisi ile yetişen kişiler tarafından tasarlanır ve inşa edilir.
- Coğrafya ve iklim koşullarına uygun olarak güneş, rüzgar gibi doğal faktörlerden maksimum yararlanan ve bu gibi faktörlerden doğal yollarla korunan; enerji etkin yapılardan oluşur.
- Yerleşim dokusu ve yapıların mekân kurgusu, kullanıcıların yaşama kültürüne (gelenek-görenek, inanç, üretim faaliyetleri, aile yapısı, komşuluk vs.) göre şekillenir.
- Yapılar, gerektiğinde büyütülebilir ve ihtiyaçlara göre geliştirilebilir. (Başakman, 1993; Ruda, 1998; Kısa Ovalı ve Delibaş, 2016).

Dünyada ve ülkemizde, özellikle Anadolu'nun pek çok noktasında farklı geleneksel yerleşim örneklerine rastlanmaktadır. Dünyadan örnekler irdelendiğinde, özellikle Akdeniz'e kıyısı olan pek çok ülkede, farklı yaşama kültürlerine rağmen birbirleriyle ortak noktaları olan çarpıcı geleneksel yerleşimler görülmektedir. Türkiye, Yunanistan, Tunus, Lübnan, İtalya gibi Akdeniz ülkelerinin geleneksel yerleşimleri incelendiğinde, gerek doku nitelikleri gerekse mekânsal özellikler bakımından pek çok benzerlik göze çarpar (Şekil 1, 2, 3). Bu anlamda söz konusu geleneksel yerleşimlerin;

- Benzer iklim koşulları ve doğa ile uyum içinde olması,
- Yerel malzeme kullanımı ile geri dönüşümlü ve ekolojik olmaları,
- Usta-çırak ilişkisi ile inşa edilen yapılardan oluşmaları; sürdürülebilir mimarlık ilkeleri olan kaynakların korunumu, yapı yaşam döngüsü tasarımı ve yaşanabilir tasarım ilkelerini yansıtmaları bağlamında büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte yalnızca Akdeniz havzasında değil; dünyanın pek çok yerinde sürdürülebilir niteliklere sahip olan geleneksel yerleşim örneklerine rastlanmaktadır.

Şekil 1. Sidi Bou Said yerleşimi, Tunus (URL 1)

Şekil 2. Santorini yerleşimi, Yunanistan (URL 2)

Şekil 3. Bodrum yerleşimi, Türkiye (URL 3)

Ülkemizde koruma altına alınan ya da henüz belgelenmemiş olan pek çok geleneksel yerleşim örneği bulunmaktadır. Safranbolu, Cumalıkızık, Şirince gibi örneklerin yanı sıra Kula, Sille, Sığacık gibi daha az bilinen ancak oldukça nitelikli olan bu yerleşimler, sürdürülebilir mimarlık ilkeleri bağlamında önem taşıyan örneklerdir (Şekil 4, 5, 6).

Şekil 4.Manisa/ Kula geleneksel yerleşimi (URL 4)

Şekil 5. Konya/Sille geleneksel yerleşimi (URL 5)

Şekil 6.İzmir/Sığacık geleneksel yerleşimi (24.12.2017)

Geleneksel Yerleşimlerin Yakın Çevreleri ve Kente Etkileri

Geleneksel yerleşimler, dışa dönük alanlardır. Kendi içlerinde bir uyum ve ritim içinde olan bu yerleşimlerin etkileri yalnızca bulundukları alanla sınırlı değildir. Gerek yakın çevrelerini, gerekse içinde yer aldıkları kentleri farklı açılardan etkileyen bu yerleşimler, söz konusu etkileriyle sürdürülebilirlik bağlamında da pek çok veri sağlamaktadır.

Geleneksel yerleşimlerin yakın çevrelerine ve kente etkileri, yerleşimin;

- Korunmuşluk durumuna,

- Büyüklüğüne,

- Yerel kullanıcılarının niteliklerine,

- Özgün işlevine,

- Güncel durumdaki işlevine,

- Kent merkezine olan mesafesine,

- Yakın çevresi ve içinde yer aldığı kentin koruma bilinci düzeyine vs. pek çok etkene bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu etkenler gerek dünyadan, gerekse ülkemizden pek çok geleneksel yerleşim örneği için geçerli olmaktadır. Buradan hareketle geleneksel yerleşimler, söz konusu etkenlerle birlikte hem kendi sürdürülebilirlikleri bağlamında, hem de yakın çevrelerinin ve içinde yer aldıkları kentlerin sürdürülebilirliği bağlamında incelemeye değer hâle gelmektedir.

Ülkemizde pek çok geleneksel yerleşim, yakın çevresine ve içinde yer aldığı kente sürdürülebilirlik bağlamında etki etmektedir. Bu anlamda Anadolu'nun doğu, orta ve batı bölgelerinde yer alan Malatya/Balaban, Ankara/Hamamönü ve İzmir/Birgi yerleşimleri, söz konusu açıdan ortaya koyulacak değerlendirmelerin somutlaştırılması açısından oldukça önemli örneklerdir.

Balaban yerleşimi, Malatya'nın Darende ilçesine bağlıdır. Malatya-Kayseri yolu üzerinde yer alan Balaban'ın kuruluş tarihi bilinmemekle birlikte, kimi kaynaklarda 14. yüzyılda kurulmuş olabileceğine dair bilgiler yer almaktadır (Kösebalaban, 1970). Yerleşimin temel mimarisini, yöreye özgü olan kerpiç malzeme ve yığma teknikle üretilmiş yapılar oluşturmaktadır (Şekil 7). Her biri özgün niteliklere sahip olan bu yapılar, yörenin mimari kimliği hakkında da bilgi vermektedir.

Şekil 7. Balaban'ın genel görünümü (27.05.2018)

Balaban'da yer alan yapılar sürdürülebilirlik bağlamında incelendiğinde;

- Yörenin sert iklimine ve doğa koşullarına uygun olarak, yaz aylarında serin, kış aylarında ise sıcak iç mekân sağlayan kerpiç malzeme kullanılmıştır.
- Yöreye özgü toprakla oluşturulan kerpiç malzeme, geri dönüştürülebilir, doğaya zararı olmayan ve ekolojik özellikler taşımaktadır.
- Herhangi bir uzman tarafından değil; usta çırak ilişkisi ile inşa edilmiştir. (Şekil 8).

Şekil 8. Balaban'da yer alan geleneksel yapı örnekleri (27.05.2018)

Yukarıdaki özellikler, Balaban yerleşimini sürdürülebilir mimariye uygun kılmaktadır. Yakın çevresine ve kente etkileri incelendiğinde;

- Korunmuşluk durumu açısından olumlu olan Balaban'da yer alan yapılar, Malatya'nın geleneksel mimarisini inceleyebilmek açısından önemli birer miras niteliğindedir.
- Yerel kullanıcıların yapılara esaslı müdahalelerde bulunmaması ve günümüzde pek çok yapının özgün işleviyle kullanımının devam etmesi, bahsi geçen olumlu durumu destekler niteliktedir.
- Kent merkezine uzak olsa da Balaban yerleşiminde yer alan kerpiç yapılar, kent içinde düzenlenen yeni alanları etkilemiştir. Ancak oluşturulan bu yeni alanlara bakıldığında;
    - Bağlamdan kopuk olmaları,
    - İşlev olarak uygun niteliklerle düzenlenmemeleri,
    - İhtiyaca yönelik olarak değil; farklı amaçlarla tasarlanmaları,
    - Usta-çırak ilişkisi sonucu değil, uzman kişilerin çalışmalarıyla ortaya çıkarılmaları gibi nedenlerden dolayı, sürdürülebilirlikten uzak bir etkinin olduğunu belirtmek mümkündür. (Şekil 9). Bu bağlamda Malatya/Balaban yerleşiminin kente etkisi, sürdürülebilirlik açısından olumlu etkiden uzak olarak nitelendirilebilir.

Şekil 9. Malatya kent merkezinde yer alan, bağlamla ilişkisi olmayan yeni kerpiç yapılar (27.01.2018)

Hamamönü yerleşimine bakıldığında; Ankara'nın Altındağ ilçesine bağlıdır. Adını 1440 yılında yaptırılan Karacabey Hamamı'ndan alan yerleşim, Osmanlı şehir yapısı karakteristiğine sahiptir (Ergenç, 1995; Kurtar ve Somuncu, 2013). Yerleşimin temel mimarisini, yöreye özgü doğal malzemelerle ve yığma tekniğiyle inşa edilmiş yapılar

oluşturmaktadır (Şekil 10). Söz konusu yapılar ve yerleşimin geneli sürdürülebilirlik bağlamında incelendiğinde;

Şekil 10. 1920'li yıllarda ve günümüzde Hamamönü'nden görüntüler (URL 6; Kurtar ve Somuncu, 2013)

- Yöreye özgü ve kolay ulaşılabilir doğal malzemeler kullanılarak inşa edilen yapılar, geri dönüştürülebilir ve ekolojik özelliğe sahiptir.
- Usta-çırak ilişkisi ile inşa edilen yapılar, ihtiyaca yönelik olarak; fazlalıktan kaçınılarak mütevazı bir şekilde düzenlenmiştir.

Yukarıdaki nitelikler bağlamında Hamamönü yerleşimi, sürdürülebilir bir mimari doku örneği sergilemektedir. Ancak günümüzde, yerleşimde yapılan koruma-uygulama çalışmalarına bakıldığında, özgün niteliklere aykırı olan pek çok sonuç görülmektedir (Şekil 11). Aynı zamanda turistik bir bölge haline gelen yerleşim, ziyaretçilerine Ankara yöresinin karakteristik mimarisi hakkında bilgi vermektedir. Bu durum, Hamamönü'nde yer alan ve Ankara evleri olarak da bilinen yapıların yanlış tanınmasına ve kentin mimarlık tarihi hakkında yanlış bilgi edinilmesine yol açmaktadır. Bu anlamda Hamamönü yerleşiminin korunması ve gelecek nesillere aktarılması için yapılan çalışmalar sürdürülebilirlik açısından olumlu olsa da yapılan uygulamaların sonuçları incelendiğinde ortaya olumlu olarak değerlendirilemeyecek bir tablo çıkmaktadır. Buradan hareketle yerleşimin kente ve yakın çevresine etkisinin sürdürülebilirlik bağlamında kısmen olumlu olduğu belirtilebilir.

Şekil 11. Hamamönü'nde yer alan, koruma uygulamalarıyla farklı bir görünüm kazanan Dutlu Sokak'ın eski ve yeni hâli (Kurtar ve Somuncu, 2013)

Birgi yerleşimine bakıldığında; İzmir'in Ödemiş ilçesine bağlıdır. Geçmişi Antik Döneme kadar uzanan Birgi, günümüzde ağırlıklı olarak Türk-İslam Dönemini yansıtan mimarisiyle öne çıkmaktadır (Şekil 12). Birgi, sürdürülebilirlik bağlamında incelendiğinde;

- Yöre genelinde yaygın olan karma malzemelerle ve geleneksel yapım teknikleri ile inşa edilmiş yapılardan oluşmaktadır.
- Malzeme, mekân düzeni ve yapım tekniği açısından geri dönüştürülebilir; ihtiyaçlara göre yeniden düzenlenebilir ve ekolojiktir.
- Usta-çırak ilişkisi ile inşa edilen yapıların her biri, kullanıcılarına özel olarak düzenlenmiş ve eşsiz niteliktedir (Şekil 13, 14). Tüm bu nitelikleriyle, özgün durumunun sürdürülebilir olduğu görülen Birgi yerleşiminin yakın çevresine ve kente etkisine bakıldığında;
- Yakın çevresinde ve kentte, yöreye özgü mimarisiyle ve doğasıyla bilinmesinden dolayı, yerli kullanıcılar değil yöre dışından kullanıcılar tarafından daha fazla tercih edilir hâle gelmiştir. Yöre dışından kullanıcıların farklı ihtiyaçlara sahip olması, yapıların özgün karakteristiğinin de değişime uğramasına neden olmuştur. Bu nedenle yakın çevresinde ve kentte hâlâ geleneksel niteliklerinin korunduğu izlenimi bulunmasına rağmen, yörenin mimarisi ile ilgili nitelikli bilgi veremeyecek durumdadır.
- Yoğun turizm faaliyetleri, kentin de Birgi üzerinden mimari anlamda tanınmasını sağlamıştır. Ancak söz konusu faaliyetler, yöredeki bazı nitelikli yapıların kısa zamanda yıpranmasına neden olmuştur. Bu durum gerek yakın çevrenin, gerekse kentin mimari karakteristiğinin korunması açısından olumluyken; yerleşimin korunması açısından olumsuz olarak değerlendirilebilir.

Şekil 12. Birgi'den bir görünüm (URL 6)

Şekil 13. Birgi'de bir Türk Evi, Çakırağa Konağı (29.11.2014)

Şekil 14. Birgi'de bir geleneksel yapı, Çukur Medrese (29.11.2014)

Sonuç ve Değerlendirmeler

Kentsel gelişim içinde geleneksel yapıların kente katkısı ve değişim dönüşüme verdiği referans olma niteliği önlenemez, ancak değişimle beraber sürdürülebilirlik kavramı düşünüldüğünde mimariye olumlu katkılar sağlayacağı kaçınılmazdır. Bu bağlamda doğal geleneksel yapıların korunması ve fiziksel anlamda sürdürülebilirliğinin sağlanması, sosyal ve kültürel bağlılığın devamı içinde önemlidir.

Geleneksel yerleşimler, yakın çevrelerine ve kente olumlu etkilerine rağmen, sürdürülebilirlik bağlamında kimi zaman olumlu olarak nitelendirilemeyecek durumlara da konu olmaktadır. Söz konusu durumlar, yalnızca yakın çevre ve kent açısından değil; yerleşimin kendi nitelikleri açısından da geçerli olabilmektedir. Buradan hareketle;

- Geleneksel yerleşimler, içinde yer aldıkları kentlerden bağımsız olarak düşünülemez. Bu anlamda geleneksel yerleşimlere yapılan her müdahalenin, kentin tamamını da etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır.
- Geleneksel yerleşimlerde yaşanan olumlu-olumsuz gelişmelerin, kentin mimarlık tarihini doğrudan etkilediği dikkate alınmalıdır.
- Kentlerin yeni gelişen yerleşim alanlarının düzenlenmesinde, geleneksel yerleşimlerin etkilerinin doğru ve makul bir şekilde yansıtılmasına özen gösterilmelidir.

Sonuç olarak yapılan çalışmayla geleneksel yerleşim dokularının korunmasında sürdürülebilirlikle birlikte hem çevresel hem de kentsel anlamda çok yönlü değerlendirmenin önemine dikkat çekildiği düşünülmektedir.

Kaynaklar

Arslan, Z.D., (2010), *Bilinen ve Sürdürülebilir,* EKOYAPI. Ekolojik Yapı ve Yerleşimler Dergisi.

Başakman, M.,(1993), *Bir Araştırma Projesi: Geleneksel-Bölgesel Mimarinin Yorumlanması*, Yapı Dergisi, Sayı 135, s. 59-70.

Çelebi, G., (2003), *Çevresel Söylem ve Sürdürülebilir Mimarlık için Kavramsal Bir Çerçeve,* G. Ü. Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 16, No 1, s.205-216.

Erengezgin, Ç., (2005), *Enerji Mimarlığı*, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü 4. Yenilenebilir Enerjiler Sempozyumu ve Sanayi Sergisi, s. 47-48.

Ergenç, Ö., (1995), *XVI. yüzyılda Ankara ve Konya: Osmanlı Klasik Dönemi Kent Tarihçiliğine Katkısı,* Ankara Enstitüsü Vakfı Yayınları, Ankara.

Gilman, R., (1992), *Sustainability By Robert Gilman from the 1992 UIA/AIA,* Call for sustainable community solutions, http://www.context.org.

Kısa Ovalı, P. ve Delibaş, N., (2016), *Yerel Mimarinin Sürdürülebilirliği Kapsamında Kayaköy'ün Çözümlemesi*, Megaron Dergisi, Cilt 11, No 4, s. 515-529.

Kösebalaban, A., (1970), *Bir Bucağımızı Tanıyalım: Balaban*, Beşbelde Darende Dergisi, No 2, s.14.

Kurtar, C. ve Somuncu, M., (2013), *Kentsel Kültürel Mirasın Korunması ve Sürdürülebilirliği: Ankara Hamamönü Örneği,* Ankara Araştırmaları Dergisi, Cilt 1, No 2, s. 35-47.

Oliver, P., (1978*), "Why Study Vernacular Architecture?", Built to Meet Needs Cultural Issues in Vernacular Architecture*, Elsevier Ltd., UK, s. 3-16.

Ruda,G., (1998), *Rural Building and Environment*, Landscape and Urban Planning, No 41, p. 93-97.

URL 1 http://www.milliyet.com.tr/tunus-un-santorinisi-sidi-bou-said-tatil-galeri-2717456/ erişim tarihi: 22. 05. 2019.

URL 2 https://nerede-kalinir.com/santorini/ erişim tarihi: 23. 05. 2019.

URL 3 http://bilgimimyagmurduruman1.blogspot.com/2013/11/gezi-staji-bodrum-biraz-bodrumun-genel.html erişim tarihi: 23. 05. 2019.

URL 4 https://emlakkulisi.com/manisa-kula-evlerine-japon-turist-ilgisi/600543 erişim tarihi: 23. 05. 2019.

URL 5 http://www.yakadataksi.com/sille.html erişim tarihi: 23. 05. 2019.

URL 6 https://mapio.net/pic/p-24805168/ erişim tarihi: 01.06.2019.

CBS YARDIMIYLA MEZARLIK ALANLARI İÇİN UYGUN YER SEÇİMİ: KONURALP YAKIN ÇEVRESİ ÖRNEĞİ (DÜZCE)

Serir UZUN*
Düzce Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Düzce, Türkiye
seriruzun@duzce.edu.tr

Arzu AYDIN, Adem GENÇ****
Düzce Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı ABD, Düzce, Türkiye

Özet: Mezarlık alanları; ölü bedenlerin halk sağlığını tehlikeye sokmadan toprağa dönüşerek depolandığı alanlar olarak görülmektedir. Bunun yanı sıra geride bıraktıkları yakınları için ziyaret ve hatırlanma amacıyla kullanılan kutsal mekânlar olarak bilinmektedir. Bu alanlar batıda genelde şehrin merkezlerinden uzakta yer alırken; Müslüman toplumlarda ise hayat ile ölüm iç içedir inancıyla kentlerin içerisinde de bulunmaktadır. Mezarlıklar her ne kadar toplumların kültürel yansımalarının bir parçası olarak görülse de, kentlerde açık ve yeşil alanların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı Düzce İli Merkez ilçesine bağlı Konuralp yakın çevresinde mezarlık kullanımı için uygun alanları belirlemektir. Bu doğrultuda alanın doğal ve kültürel peyzaj elemanlarına yönelik kriterleri belirlenerek CBS yardımı ile uygun alanları ortaya konmuştur. Çalışmada temel olarak, jeoloji, topografya, toprak ve amenajman haritalarının verileri kullanılmıştır. Diğer taraftan eğim, bakı, arazi yetenek sınıfları, şimdiki alan kullanımları, kapalılık, hidroloji, fay hattı, yerleşim alanlarına uzaklık ve ulaşım ağı gibi verileri içeren haritalar üretilmiştir ve CBS ortamında depolanmıştır. Tüm bu haritaların üretiminde ve veri işlemeleri aşamasında Arc GIS 10.1 programı kullanılmıştır. Çalışma üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak mezarlık alanların yer seçim kriterleri belirlenerek uygun alanlar haritası oluşturulmuştur. İkinci aşamada peyzaj değerlerinin hassas olduğu alanlar belirlenerek haritalanmıştır. Üçüncü aşamada uygun alanlarla peyzajın hassas olduğu değerler bütüncül olarak değerlendirilmiş ve Konuralp ve yakın çevresi için optimal mezarlık alanları ortaya konmuştur. Sonuç olarak Konurlap merkezinin kuzey bölgesinde yer alan Yakaköy, Düzköy, Kabalak, Yayla, Yazlık bölgelerinin çok uygun alanlar olduğu görülmektedir.

Anahtar kelimeler: CBS, Konuralp, Mezarlık, Peyzaj Planlama, Yer Seçimi

Giriş

Mezarlığın temel işlevi kentsel yerleşim alanlarında git gide artan ölüm olaylarına karşın halkın sağlığını tehlikeye atmadan ölü bedeni ortadan kaldırmaktır. Ruhsal işlevi olarak da ölünün geride bıraktıkları için birer anı alanlarıdır (Aktaş, 2009). Canlılarda hayati belirtilerin bitmesi anlamına gelen ölüm, yaşamın en acı gerçeklerinin başında gelmektedir. Ölüm gerçeği ve ölümden sonraki belirsizlik, bütün toplumlarda çeşitli inanma, âdet, töre ve törenleri beraberinde getirmiştir (Çıblak, 2002).

Türklerde mezarlık kültürü; farklı zamanlardaki kültür ve dinsel inanıkşlara göre değişiklik göstermiştir. Dolayısıyla Türk mezar Kültürü İslam öncesi ve

İslam sonrası farklılık gösterebilir (Özarslan, 2007). Türklerin mezar geleneğindeki en önemli aşama, İslamiyet'in kabulü ile kendini gösterir (Tunçel, 2004). Ne şekilde olursa olsun mezarlık alanlar her toplum açısından değer verilen alanlar olarak bilinmektedir.

Mezarlıklar her ne kadar toplumların kültürel yansımalarının bir parçası olarak görülse de, kentlerde açık ve yeşil alanların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu çalışmada Bu çalışmanın amacı Düzce İli Merkez ilçesine bağlı Konuralp yakın çevresinde mezarlık kullanımı için uygun alanları belirlemek ve bu doğrultuda alanın doğal ve kültürel peyzaj elemanlarına yönelik kriterleri belirlenerek ekolojik temelli bir yaklaşım ortaya koymak hedeflenmiştir.

Materyal ve Metod

Çalışmanın birincil verileri olarak, alanın sahip olduğu doğal ve kültürel özelliklerin ortaya konulmasında ve alan sınırlarının belirlenmesinde; HGK'nın 1997 yılına ait 1/25000 ölçekli harita (G-26-a2 Adapazarı topoğrafik haritalar), MTA Genel Müdürlüğü'nün 1984 yılına ait 1/25000 ölçekli harita (G-26-a2 Adapazarı Jeoloji Haritaları), OGM'nin 2008 yılına ait1/25000 ölçekli Amenajman haritaları ve raporları, KHGM'nin 2002 tarihli ve 1:25 000 ölçekli toprak haritaları (G-26-a2 Toprak Paftası) ve raporları kullanılmıştır. Çalışma alanına ait gerekli olan eşyükselti eğrileri, dereler, yollar ve yerleşim alanları topoğrafik haritalardan üretilmiştir. Yeni yerleşim alanları Google Earth yardımıyla güncelleştirilmiştir. Düzce İl Çevre Durum Raporu (2011, 2012, 2016 ve 2017) çalışma kapsamında dikkate alınmıştır. Çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri içinde yer alan Arc Map 10.1 yazılımı kullanılmıştır. Çalışmanın ikincil verilerini ise proje, tez, makale, yönetmelik ve kanunlar oluşturmaktadır.

Çalışma alanı olarak Düzce İli, Merkez İlçesine bağlı Konuralp ve yakın çevresi seçilmiştir. Konuralp 40.905518 enlem ve 31.150808 boylamda yer almaktadır (Anonim, 2019a) (Şekil 1).

Şekil 1. Çalışma alanı konumu (Anonim, 2019b,c)

Konuralp, 2013 yılında alınan karar ile Mart 2014 seçim öncesi belde olan yerleşim 7 mahalle ve 11 köyden oluşan bir mevkii olarak Düzce İli, merkez

ilçesine bağlanmıştır. Mevkide bulunan mahalleler; Terzialiler, Çiftepınarlar, Orhan Gazi, Şehit Hüseyin Kıl, Şehit Murat Demir, Şehit Bayram Gökmen ve Şehit Kemal Işıldak'tır. İl merkezine uzaklığı yaklaşık olarak 8 km olup, Akçakoca yolu üzerinde bulunmaktadır. Düzce'nin en eski yerleşim merkezi olan ova manzarasına sahip bir tepeye hâkimdir. Ovanın kuzeyinde kalmaktadır. Düzce-Akçakoca yolu alanı ikiye bölmektedir. Tarım arazileri ovada yerleşim göstermekle birlikte engebeli bir araziye sahiptir. Mevkide tarım ve hayvancılıktan başka büyük çapta sanayi kuruluşlarının da yer aldığı görülmektedir. Yığılca dağlarından doğan Küçük Melen Konuralp'in güney doğusundan geçerek Düzce ovasına giriş yapar. Küçük Melen ve Çift şeritli karayolunun güneyine bakan kısımda çeltik üretimi yapılmaktadır. Yine karayolunun kuzeye bakan kısımlarında ise fındık üretimi yapılmaktadır.

Düzce üniversitesi ve toplu konut yerleşimlerinin artması, çift şeritli yol ve ulaşım ağına bakıldığında çevredeki yerleşimlere köprü görevi görmesi nedeni ile nüfusta artış meydana gelmektedir. Deprem riski nedeniyle ovanın yamacında kalan yerleşimlerin sağlamlığı göz önüne alındığında yerleşimin Konuralp bölgesinde yurt ve konukevleri, site, toplu konut, yüksek katlı bina sayılarında artış görülmektedir.

TÜİK'ten alınan bilgilere göre Konuralp belediyesinin (Boğaziçi Belediyesi ve bağlı mahalleler hariç) 2017 yılı nüfusu; 7 mahalle toplam nüfusu: 9.474 kişi ve 23 bağlı köylerin nüfusu: 12.213 kişi, toplam da 21.687 kişi olarak görülmektedir. Nüfus projeksiyonları mezarlık alanlarının seçimi, talebin karşılanması, kent içindeki yeşil alanlara (kent içinde kalan mezarlık alanlarının sonrasında konut alanı olarak kullanılmasının artması vb.) baskısının azaltılması amacıyla büyük öneme sahiptir.

Çalışma alanı içerisinde Prusias Antik Kenti, Antik Tiyatro, Konuralp Müzesi, Roma Köprüsü, Kemerkasım Su Kemerleri, Batı Sur Duvarları, Atlı Kapı, Türbeler, Tarihi tescilli yapılar, Prusias ad Hypium Antik Kentinin nekropol alanı olan Tepecik Mevkii ve halen kazı çalışmaları devam eden Konuralp Antik Tiyatro gibi tarihi değere sahip alanlar bulunmaktadır. Ayrıca 2006 yılında kurulan Düzce Üniversitesi ana yerleşke olarak burada bulunmaktadır. Çalışma alanı yaklaşık olarak 145 km²'lik bir alanı kapsamaktadır.

Çalışma verilen toplanması ve sayısallaştırılması, verilerin analiz ve sentezi şeklinde üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Verilerin toplanmasında daha önceden yapılmış makale, bildiri, gibi bilimsel çalışmalar incelenmiş alana ait kaynak değerleri sayısallaştırılarak ve CBS ortamında depolanmıştır. Verilerin analizi kısmında ise kaynak değerleri her bir peyzaj elemanına mezarlık alanı yer seçimindeki önem derecesine göre 1-3 aralığında faktör ağırlığı katsayısı (1:az etkili, 2: orta etkili, 3: çok etkili) verilmiş, her bir elemanın seçilen alt birimlerine ise 1-5 (0:etkisi yok, 1: çok az etkili, 2: az etkili, 3: etkili, 4: çok etkili, 5: çok fazla etkili) aralığında puan değerleri verilmiştir. Faktör ağırlığı katsayısı ile alt birimler için verilen puan değerleri çarpımı sonrasında toplam puan elde edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışma alanı mezarlık yer seçim kriterleri, puanları ve gerekçeleri

Ağırlık Puanı Max:3	Kriter	Kriter Alt Grubu	Puan Max:5	TP (Toplam Puan)	Gerekçe
3	Bakı	Kuzey	0	0	* Cesedin çürümesinin hızlanması açısından güney bakarlar seçilebilir. Kuzey bakarlar daha soğuk ve çürüme faaliyetleri geç olacağından tercih edilmemelidir. **(Özkan, Küçükerbaş, Kaplan, ve Aslan, 1996).** * Mezarlık alanların tasarımında alanın ulaşılabilirlik ve mezarların konumlandırılmasında kıble yönü önem taşımaktadır **(Uslu, 2009).**
		Kuzeydoğu	0	0	
		Doğu	0	0	
		Güneydoğu	5	15	
		Güney	5	15	
		Güneybatı	5	15	
		Batı	0	0	
		Kuzeybatı	0	0	
		Tümbakar	2	6	
3	Eğim	%0-2	0	0	* Mezarlık alanların düz olduğu takdirde yağışla gelen yüzeysel sudan kaynaklı drenaj problemi yaşanabilir **(Aktan,1999). (Özkan, Küçükerbaş, Kaplan ve Aslan, 1996).** * Mezarlık alanlar için %0-10 eğim derecesi uygundur. Eğim derecesinin daha yükseldiği alanlarda kazı doldu gerektiğinden kaynaklı maliyet yükseldiğinde tercih edilmeyebilir. Eğim derecesi artıkça alanda yapılacak olan yol, dinlenme alanı, su öğesi gibi kullanımların getirilmesinde sıkıntı yaşanabilir **(Uslu Odabaş, 1997).** *Tarıma elverişli topraklar üzerinde kurulmamasına dikkat edilmelidir **(Güçlü, Yılmaz ve Yılmaz, 1996).**
		%2-6	0	0	
		%6-12	5	15	
		%12-20	0	0	
		%20-30	0	0	
		>%30	0	0	
2	Arazi Yetenek Sınıfları AYS	I.Sınıf	0	0	* Tarım toprakları mezarlık seçiminde tercih edilmemelidir. **(Güçlü, Yılmaz ve Yılmaz,1996).** * Mikroorganizma faaliyetleri kolaylıkla gerçekleştireceği topraklar olmadır. Su tutmamalı, geçirgen yapıya sahip olmalıdır. Çok gevşek ya da çok kayalık seminler olmamalıdır **(Uslu Odabaş, 1997).** * Mezarlık alanların seçiminde bitkisel materyalin kullanımında toprak özellikleri önem taşımaktadır. Bundan kaynaklı kaba kum topraklar tercih edilirken, ince kum, orta kum, çakıllı malzemeler tercih edilebilir **(Aktan, 1999).**
		II.Sınıf	0	0	
		III.Sınıf	1	2	
		IV.Sınıf	5	10	
		VI.Sınıf	0	0	
		VII.Sınıf	0	0	
		VIII.Sınıf	0	0	
2	Şimdiki Alan Kullanımı ŞAK	Fındık	0	0	Mezarlık alanları ölümü, ebediyeti çağrışım yapar, ayrıca çürüme faaliyetleri sonucu oluşan koku/gazın etkisi toplum sağlığı ve hijyeni açısından yerleşim yerlerinden uzak olmalıdır. Kent alanlarının kırsal alanlara baskı oluşturması sebebiyle yeşil kuşaklar içinde yer almalı, ormanlık ve yaşlı ağaçların bulunduğu alanların seçilmesine dikkat edilmelidir. * Kentsel ve kırsal yerleşim alanlarına en az 500m uzakta olmalıdır **(Çobanoğlu ve Güler,1996).** *19.01.2010 tarihli resmi gazetede yayımlanan Mezarlık Yerlerinin İnşaası ile cenaze nakil ve defin işlemleri hakkında
		Mera	3	6	
		Orman	5	10	
		Tarım Alanı	0	0	
		Taş Ocağı	0	0	

		Turizm Alanı	0	0	yönetmelik maddeleri dikkate alınarak yapılmıştır **(Anonim, 2010).** * Mezarlıklar yerleri seçilirken genel olarak yerleşim alanlarının etrafındaki yeşil kuşak içinde ve toplu taşıma araçları ile kolayca ulaşabilecek yerlerde olmasına dikkat edilmelidir **(Anonim, 2011).**
		Yerleşim	0	0	
2	**Kayaç Tipleri**	Alüvyon	1	2	* Toprak jeolojik özellikleri, cesetlerin çürümesi için biyolojik şartları sağlamak amacıyla su ve hayvan geçmesine uygun ve küçük taneli olmalıdır. Bu amaçla kumlu, az miktarda kil ve kireçli karışık topraklar uygundur. Toprak zeminler kum-kil-çakıl karışımı olan alüvyon zeminler; mezarlık alanlar için uygundur **(Anonim, 2011).** * Andezit zeminler, topraksız zeminler vb. yerler tercih edilmemeli ve toprak zeminler, kum-kil-çakıl karışımı olan alüvyon zeminler; mezarlık alanlar için tercih edilmelidir **(Uslu Odabaş, A. (1997).**
		Andezit, Bazalt	0	0	
		Killi Kireçtaşı, Şelf,Çökel Kaya	0	0	
		Kumtaşı, Karasal, Çökel Kaya	3	6	
		Kumtaşı-Çamurtaşı	5	10	
		Kumtaşı-Çamurtaşı, Şelf	4	8	
		Kumtaşı-Çamurtaşı, Kireçtaşı	5	10	
		Metamorfik Kaya	0	0	
		Kireçtaşı	0	0	
		Volkanik Çökel Kaya	0	0	
1	**Kapalılık**	Boşluklu (0-%10)	5	5	* Mezarlıklar alanları yeşil kuşak oluşturulacak şekilde konumlandırılabilir. **(Özkan, Küçükerbaş, Kaplan ve Aslan, 1996).**
		Gevşek (%11-%40)	3	3	
		Normal (%41-%70)	0	0	
		Tam (> %70)	0	0	
1	**Hidroloji**	Sulu Dere / 0-300 m	0	0	* Mezarlıklar, insanların içme ve kullanma suyu amacıyla yapılmış kuyu, göl, gölet, baraj gibi su kaynaklarından arazinin meyil durumu, mezarlığın kapasitesi ve toprağın yapısına göre, killi topraklarda en az 150 m, kumlu topraklarda ise en az 250 m mesafede kurulabilir. İçme ve kullanma suyu temin edilen havzaların 31/12/2004 tarihli ve 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinin 17 ve 18 inci maddelerinde belirtilen mutlak ve kısa mesafeli koruma alanlarında mezarlık yapılamaz. Mezarlıklar içinde kullanılacak içme ve kullanma suları mezarlık sınırından en az 250 m mesafeden borularla getirilir. Daha yakın mesafedeki sulardan içme ve kullanma suyu olarak faydalanılamaz. **(Anonim, 2010).**
		Sulu Dere > 300 m	5	5	
		Kuru Dere / 0-300 m	0	0	
		Kuru Dere > 300 m	5	5	
		Sulama Kanalı 0-300m	0	0	
		Sulama Kanalı > 300 m	5	5	
1	**Fay Hattı**	Doğru Atımlı Normal Fay 0-100 m	0	0	* Fay hatlarının olduğu bölgelerde alanda çökme olayı gerçekleşerek dışarıya zararlı gaz çıkışı ve koku yayılabileceğin için bu alanlar seçilmemelidir **(Aktan,1999).** * Doğru atımlı faylarda sakınım bandı en az 40m, en fazla 100 m / Ters Faylarda ve Ters Bileşeni Yüksek Doğrultu Atımlı Faylarda Çekme Mesafesi 50 m ve 160 m arasında, Normal Faylarda Çekme Mesafesi (Sakınım Bandı) 10m ve 35 m arasındadır **(Gürboğa, Gökçe ve Tüfekçi, 2016).**
		Doğru Atımlı Normal Fay > 100 m	5	5	
2	**Yerleşim Alanına Uzak.**	0 - 500 m	0	0	* Yerleşim yerlerinden, konut sınırından mezarlık sınırına olan uzaklık en az 500 m olmalıdır **(Anonim, 2011).**
		> 500 m	5	10	

1	**Ulaşım**	Asfalt Yol 0-500 m	5	5	* Mezarlıklar ideal konum olarak yerleşim alanlarını çevreleyen yeşil kuşak içinde ve kamu toplu taşıma araçları ile kolayca ulaşabilecek yerlerde tesis edilmelidir. Mezarlık olarak seçilecek alan; kamu toplu taşıma araçları ile yarım saat seyahat süresini aşmayacak, yerleşim merkezine en fazla 15 km olmalıdır **(Anonim, 2011).** * Mümkün olduğunca yaşlı ağaçlardan oluşan orman kenarlarında, tramvay, otobüs, benzeri ulaşım araçlarıyla kolay ulaşılabilir ve bölgenin en son evinden ≤3-5 km uzakta bulunmalıdır **(Neufert, E. (2008).**
		Asfalt Yol >500 m	3	3	
		Çift Şeritli Yol 0-500 m	5	5	
		Çift Şeritli Yol > 500 m	3	3	

Belirlenen seçim ve puan değerlerine göre mezarlık alanı için uygun yer seçim kriterleri tablosu verilerine göre ArcMap. 10.1 programı ile haritaların veri tabanına işlenmiş daha sonrasında ise işlenen bu haritalar ArcMap 10.1 programı ile çakışma analizi (overlay analysis) yapılarak "Mezarlık alanları için uygun alanlar haritası" elde edilmiştir.

Doğal ve kültürel peyzaj elemanlarından bakı, eğim, arazi yetenek sınıfı, kapalılık, şimdiki alan kullanımı, kayaç tipleri, fay hattı, yüzey sularına (sulu dere/kuru dere/sulama kanalı) yakınlık derecesi, ulaşım durumu, yerleşim yerlerine yakınlık durumu kriterleri değerlendirilmeye alınmıştır.

Yapılan puanlama sonrası her bir kritere ait toplam puanlar elde edilmiştir. Elde edilen bu puanlar Arcgis 10.1 programı yardımıyla harita veri tabanına işlenmiş yine aynı program aracılığı ile çakışma analizi (overlay analiysis) yapılarak mezarlık alanları için uygun alanlar haritası elde edilmiştir. Çalışma süresince işleme dahil edilen kriterlere ait toplam puanlar çakıştırma analizi sonrası her bir sütuna denk gelen değerler "field caculator" aracılığı ile toplanmıştır. Çıkabilecek en yüksek puan "101", en düşük puan ise "0" olarak belirlenmiş, buna göre uygunluk dereceleri 5 grup (0-20 puan: Çok Az Uygun, 21-40 puan: Az Uygun, 41-60 puan: Orta Uygun, 61-80 puan: Uygun, 81-101 puan: Çok Uygun) olacak şekilde tanımlanmıştır.

Mezarlık alana ait uygunluk analizlerinin yapılmasının ardından peyzajın değerlerinin, 1.derece, 2.derece ve 3.derece hassas olduğu alanlar belirlenmiştir (Buuren, 1994), (Şahin, 1996), (Şahin ve Kurum, 2002), (Uzun, 2003), (Dilek et. al., 2008), (Uzun ve ark, 2010b), (Uzun ve Gültekin, 2011), (Uzun ve ark., 2011). İnfiltrasyon sürecinde arazi yetenek sınıflarının (AYS) geçirimlilik dereceleri ile eğim çakıştırılarak toprak geçirimlilik değerleri ve haritası elde edilmiştir. Sonrasında ise kayaçların geçirimlilik değerleri eğim oraları ile çakıştırılmış hidrojeolojik geçirimlilik haritası elde edilmiştir. Bu iki haritanın çakıştırılması sonucunda ise "Toprak Koruma Bölgeleri" tespit edilmiş, çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük olacak şekilde haritalanmıştır. Potansiyel erozyon sürecinin analizinde ise çalışma alanındaki kayaçlar dâhil oldukları gruplar tespit edilerek eğim ile çakıştırılmış, jeolojik aşınım dereceleri (Aşınım Haritası) elde edilmiştir. Toprak koruma sürecinde ise şimdiki alan kullanım ile eğim çakıştırılarak toprak koruma haritası elde edilmiştir. Elde edilen bu iki harita tekrardan çakıştırılarak çalışma alanındaki "Potansiyel Erozyon Riski" 5

derecede (çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük) belirlenmiştir. Peyzajın hassas olduğu alanlar ile mezarlık alanları için uygun alanlara çakıştırma analizi (overlay analysis) yapılarak mezarlık alanları optimal/öneri alanlar haritası elde edilmiştir.

Tablo 2. Mezarlık alanları için optimal / öneri alan seçim tablosu (Uzun, 2018 ‘den geliştirilerek değerlendirilmiştir).

Optimal/Öneri Alanlar	**Mezarlık Alanları İçin Uygun Alanlar**				
Hassasiyet Durumu	**ÇU**	**U**	**O**	**AU**	**ÇAU**
1.DERECE	ÇAU	ÇAU	ÇAU	ÇAU	ÇAU
2.DERECE	U	O	O	AU	ÇAU
3.DERECE	ÇU	ÇU	U	AU	ÇAU

(ÇU: Çok Uygun, U: Uygun, O: Orta, AU: Az Uygun, ÇAU: Çok Az Uygun)

Yöntemin sentez aşamasında ise Konuralp ve yakın çevresi içerisinde doğal ve kültürel verilerine göre mezarlık alanları açısından çok uygun, uygun, orta uygun, az uygun ve çok az uygun alanlar için planlama önerileri geliştirilmiştir.

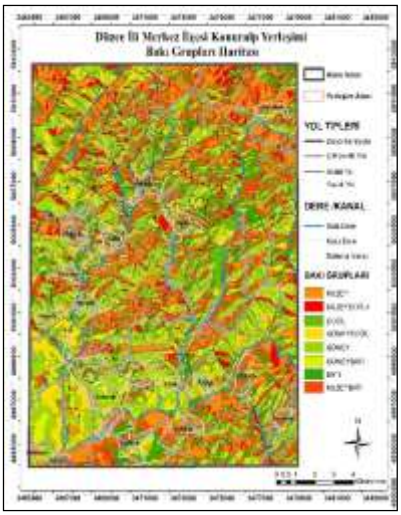
Bulgular

Çalışma Alanına Ait Doğal ve Kültürel Özellikler

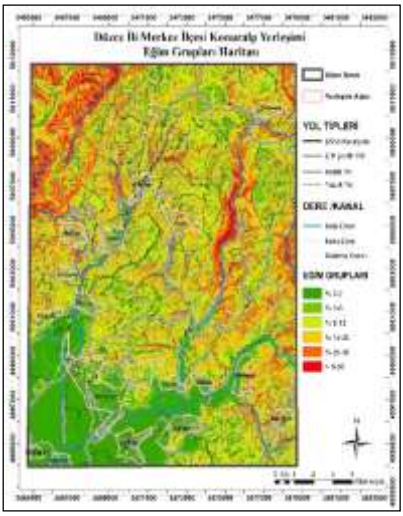
Mezarlık alanı yer seçim kriterleri kapsamında değerlendirilen doğal ve kültürel elamanlara ait harita ve bilgiler bu bölümde yer almaktadır. Bakı gruplarına baktığımızda çalışma alanın %40 yakın çürümeye elverişli olan güney, güneydoğu ve güneybatı yönlerinden oluştuğu görülmektedir (Tablo 3). Değerlendirmede en yüksek puanı alan bu yönlerin yerleşim yerlerine yakın olması ayrıca avantaj sağlamaktadır (erişilebilirlik, yeşil koridor oluşturma vb) (Şekil 2). Çalışma alanında eğim grupları % 0 ve >%30 aralığında değişmektedir. Mezarlık alanları için ideal olan %6-12 eğime sahip alanları çalışma alanında oldukça yüksek oranda bulunmaktadır. Eğimin en düşük olduğu yerler ise özellikle sulu tarımın yapıldığı, sulak arazilerin bulunduğu ova kısmında yer almaktadır (Şekil 3).

Tablo 3. Çalışma alanı bakı ve eğim grupları alan durumu

Bakı Grupları	**Alan (m²)**	**Oran (%)**		**Eğim Grup**	**Alan (m²)**	**Oran (%)**
Kuzey	25.374.540,24	17,43		% 0-2	28.203.922,08	19,37
Kuzeydoğu	10.919.360,32	7,50		% 2-6	17.409.397,91	11,96
Doğu	16.064.451,44	11,03		% 6-12	42.107.202,49	28,92
Güneydoğu	20.436.174,89	14,04		% 12-20	38.762.357,03	26,62
Güney	19.399.055,32	13,32		% 20-30	15.576.323,48	10,70
Güneybatı	16.658.944,54	11,44		> % 30	3.529.497,20	2,42
Batı	18.117.780,46	12,44		**Toplam**	**145.588.700,19**	**100,00**
Kuzeybatı	18.618.392,98	12,79				
Toplam	**145.588.700,19**	**100,00**				



Şekil 2. Bakı grupları haritası



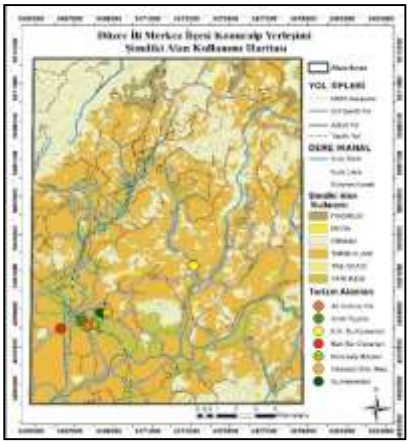
Şekil 3. Eğim grupları haritası

Bu yöntem kapsamında sadece arazi yetenek sınıfları ve şimdiki alan kullanımı (ŞAK) ele alınmıştır. Alanda I,II, III, IV, VI, VII ve VIII arazi yetenek sınıfları mevcuttur. En fazla VI ve VII. arazi sınıfı, en az III. arazi yetenek sınıfı bulunmaktadır (Tablo 4). Tarım alanlarının korunması amacıyla I ve II. sınıf arazi yetenek sınıfları tercih edilmemiştir. Alanın çoğunluğunda bulunan VI ve VII. sınıf (su toplama havzası olarak kullanılabilirler) araziler dik yamaçlara sahip kayalık alanlardır. Mezarlık alanları için uygun alanlar IV. Sınıf (çayıra tahsis edilmeye müsait) ve III. Sınıf (az verimlilik) araziler tercih edilmiş olup, Yakaköy taraflarında ve Çakırlar köyünün doğusunda bir miktar bulunmaktadır (Şekil 4). OGM'nin 2008 yılında güncellenen amenajman verileri ile Google Earth yardımıyla alanın güncel arazi kullanım durumu ortaya konulmuştur. Fındıklık, mera, orman, tarım alanları, taşocağı ve yerleşim olarak haritalanmıştır (Şekil 5). Alanda en fazla orman ve tarım alanı bulunmaktadır (Tablo 4).

Tablo 4. Çalışma alanı arazi yetenek sınıfları ve şimdiki alan kullanımları alan durumu

Arazi Yetenek Sınıf.	**Alan (m²)**	**Oran (%)**		**Şimdiki Alan Kullanım**	**Alan (m²)**	**Oran (%)**
I.Sınıf	20.016.300,00	13,75		Fındık	2.685.028,12	1,84
II.Sınıf	5.068.030,00	3.48		Mera	870.569,45	0,60
III.Sınıf	1.092.990,00	0.75		Orman	78.585.962,66	53,98
IV.Sınıf	3.918.760,00	2,69		Tarım	36.214.509,05	24,87
VI.Sınıf	49.849.800,00	34,24		Taşocağı	80.709,60	0,06
VII.Sınıf	64.031.800,00	43,98		Yerleşim	27.151.921,31	18,65
VIII.Sınıf	1.611.020,19	1.11		**Toplam**	**145.588.700,19**	**100,00**
Toplam	**145.588.700,19**	**100,00**				

Şekil 4. Arazi yetenek sınıfları



Şekil 5. Şimdiki alan kullanımları

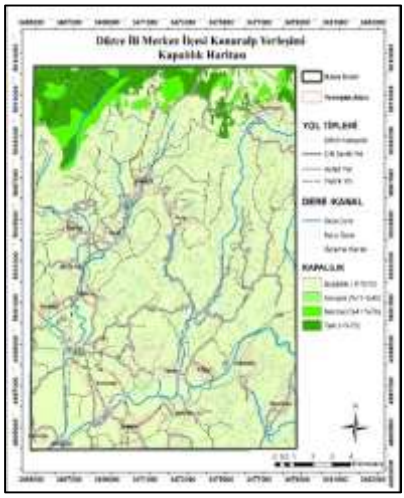
Doğal faktörlerden meşcerenin kapalılığına baktığımızda çalışma alanında 0,1,2 ve 3 olmak üzere 3 çeşit kapalılık derecesi bulunmaktadır. Kapladıkları alan açısından boşluklu kapalılık derecesine sahip alanlar daha fazladır (Tablo 5). Özellikle kuzey ve kuzey batı bölgelerde kapalılık derecesi tam kapalılık derecesine sahipken, güneye doğru ise boşluklu kapalı şeklinde görülmektedir (Şekil 6). Mezarlık alanlarının seçiminde kayaçların oluşum materyalleri çok önemlidir. İşlenmesi kolay, alüvyon, hafif geçirgen, kumlu-hafif killi, az miktarda kireç taşı bulunan kayaç türlerinden oluşan yapıların tercih edilmesi uygulanabilirlik açısından fayda sağlayacaktır. Çalışma alanında alüvyon tabakalar daha çok ova zemininde yer almaktadır. Andezit-Bazalt oluşumu üniversite yerleşiminin de olduğu çalışma alanının güney doğusunda görülmektedir (Şekil 7). Alanın çoğuna kumtaşı-çamurtaşı oluşumları oldukça fazla görülmektedir.

Tablo 5. Çalışma alanı kapalılık dereceleri ve kayaç tipleri alan durumu

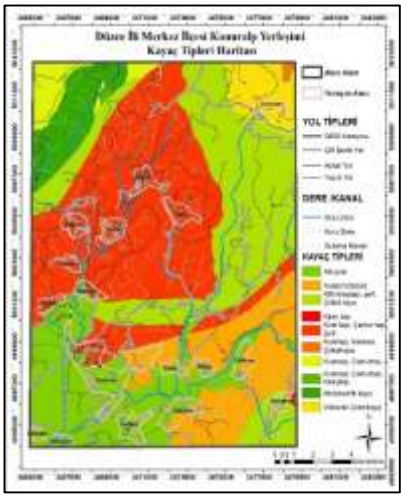
Kapalılık derecesi	**Alan (m²)**	**Oran (%)**
0 (Boşluklu)	131.147.622,30	90,08
1 (Gevşek)	131.925,16	0,09
2 (Normal)	5.564.662,88	3,82
3 (Tam)	8744.489,85	6,02
Toplam	**145.588.700,19**	**100,00**

Kayaç Tipleri	**Alan (m²)**	**Oran (%)**
Alüvyon	25.671.500,00	17,63
Andezit-Bazalt	18.507.900,00	12,71
Killikireçtaşı,Şelf,Çökelkaya	34.458.200,00	23,67
Kireçtaşı	96.030,50	0,07
Kumtaşı,çamurtaşı,şelf	49.684.000,00	34,13
Kumtaşı,çamurtaşı	3.662.295,00	2,52
Kumtaşı,çamurtaşı,kireçtaşı	201.759,00	0,14
Kumtaşı,karasal,çökelkaya	271.088,00	0,19
Metamorfik kaya	7.255.550,00	4,98
Volkanit çökelkaya	5.780.377,69	3,97
Toplam	**145.588.700,19**	**100,00**

Yapılan haritalamalarda yerleşim, ulaşım, akarsu/sulu dere/kurudere/sulama kanalları, turizm bölgeleri (noktasal) gösterilmiştir.



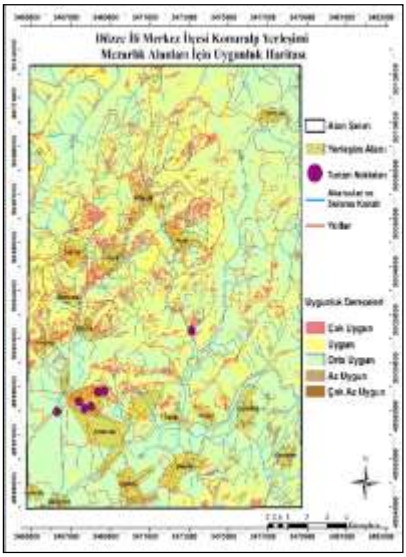
Şekil 6. Kapalılık dereceleri



Şekil 7. Kayaç tipleri haritası

Uygunluk Analizi

Doğal ve kültürel verilerin bir arada CBS/ArcGis 10.1 yardımıyla puanlanarak değerlendirilmesinin ardından mezarlık alanları yer seçiminde uygunluk haritası elde edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Yer seçim kriterlerine göre belirlenen mezarlık alanları için uygun alanlar haritası

Tablo 6. Mezarlık alanları yer seçim kriterlerine göre uygun alanlar tablosu

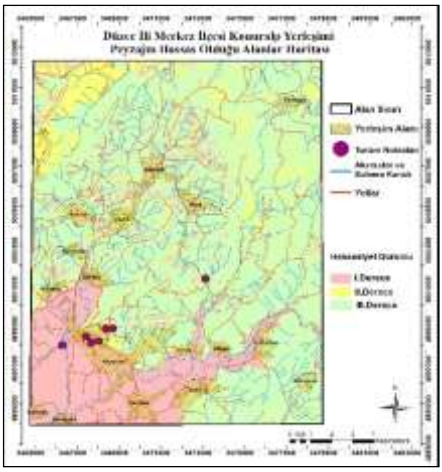
Uygunluk Durumu	Alan (m²)	Oran (%)
Çok Uygun	10.815.797,56	7,43
Uygun	48.647.601,36	33,41
Orta	84.880.862,78	58,30
Az Uygun	1.194.121,70	0,82
Çok Az Uygun	50.316,79	0,03
Toplam	**145.588.700,19**	**100,00**

Çalışma alanının olası deprem etkilerinden zarar görmemesi (çökükler, yarıklar, yapılarda yıkım, toprak kaymaları vb.) için uygunluk analizi kapsamında

çalışma alanı sınırına giren fay hatları da değerlendirilmiştir. Çalışma alanında uygun ve orta uygunlukta alan miktarı yeterince bulunmaktadır (Tablo 8). Çok uygun ve uygun alanlar yerleşim ve ulaşıma yakın yerlerde yayılım göstermiştir. Uygun toprak yapısı ve kayaç yapısında kumtaşı-çamurtaşı fazla bulunması ve diğer kriterler göz önüne alındığında orta uygunlukta alanlar oldukça fazla olduğu görülmüştür. Seçilecek alanlarda öncelikle çok uygun ve uygun alanlar tercih edilecek olup, orta uygunlukta alanlar tercih edilmemeye dikkat edilecektir.

Hassasiyet Analizi ve Optimal Alanların Belirlenmesi

Çalışmanın bu aşamısında toprağın su geçirimliliği ve erozyon riski potansiyeli olan alanlar ortaya konularak, bunların sentezi sonucunda her iki harita çakıştırılarak peyzaj hassas alanları belirlenmiştir.

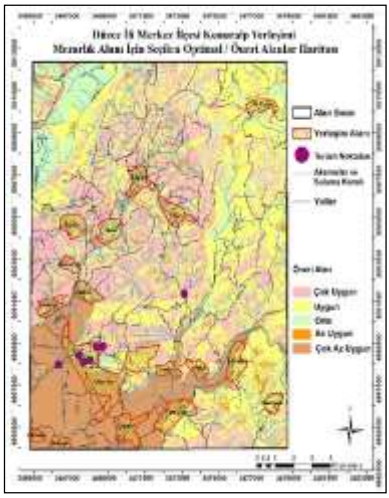


Şekil 9. Hassasiyet haritası

Tablo 7. Çalışma alanı peyzaj hassasiyet durumu

Hassasiyet Durumu	Alan (m²)	Oran (%)
1.Derece	29.403.700,00	20,20
2.Derece	18.716.600,00	12,86
3.Derece	97.468.400,19	66,95
Toplam	**145.588.700,19**	**100,00**

Peyzaj değerlerinin hassas alanlarının haritası oluşturulmuştur. Hassasiyetin en fazla olduğu alanlar çalışma alanının güneyi, güneybatısı (Düzce ovasının devamı) ve akarsu kıyı şeritlerinde yer almaktadır. Hassasiyetin orta dereceli olduğu alanlar kuzey batı ve kuzey doğuda parçalar şeklindedir. Alanın büyük kısmının hasasiyeti 3. derecededir. Uygunluk haritası ve hassasiyet haritası çakıştırılarak öneri mezarlık alanları haritası oluşturulmuştur (Şekil 10). Peyzaj hassasiyetinin 1.derece olduğu ve mezarlık alanları için uygunluk derecelerinin tümünü kapsayan alanlar “çok az uygun”, peyzaj hassasiyetinin 2.derece uygunluk değerinin çok uygun olduğu kısımlar “uygun”, peyzaj hassasiyetinin 2.derece uygunluk değerinin uygun ve orta olduğu kısımlar “orta uygun”, peyzaj hassasiyetinin 3.derece uygunluk değerinin çok uygun ve uygun olduğu yerler “çok uygun”, yine peyzaj hassasiyetinin 3.derece uygunluğun orta olduğu alanlar “uygun” diğer alanlar ise az uygun ve çok az uygun olarak 5 sınıfta haritalanmıştır (Tablo 9).



Tablo 8. Mezarlık alanları için öneri/optimal alanlar tablosu

Öneri/Optimal Alanlar	Alan (m²)	Oran (%)
Çok Uygun	46.950.451,00	32,25
Uygun	49.667.499,68	34,11
Orta	18.720.652,58	12,86
Az Uygun	846.382,27	0,58
Çok Az Uygun	29.403.714,66	20,20
Toplam	**145.588.700,19**	**100,00**

Şekil 10. Mezarlık alanları için optimal/öneri alanlar haritası

Yapılan analizler sonucunda mezarlık alanları “çok uygun”, “orta uygun”, “az uygun”, “uygun” “çok az uygun” olarak belirlenmiştir. Çok az uygun alanlar hassasiyetin yüksek olduğu alanın güneyinde yer alan Küçük Melen çayının etrafı ve Yakaköy, Çamköy, Konuralp, Kadıoğlu, Sarayyeriköyü gibi yerleşimlerin çevresidir. Çok uygun alanlar, ise hassasiyetin düşük olduğu bölgelerde görülmektedir.

Sonuç ve Öneriler

Doğum süreci olduğu gibi ölümde hayatın bir parçasıdır. İnsanlar yaşamlarının bir bölümünde sevdikleri kaybeder ve mezarlık alanları ile ilişkili hale gelirler. Bu durum birçok toplumda aynıdır. Mezarlık alanları kentsel açık yeşil sisteminin bir parçası olup oksijen depolama, rekreasyon olanağı sağlayan pasif yeşil alan olarak ifade edilebilir.

Mezarlıkların konumlandırılırken yerleşim alanlarına yakın kente kuşak etkisi yaratacak şekilde yer alabilir. Mezarlık alanların planlamasında eğim, bakı, toprak yapısı, mevcut alan kullanımı, hidroloji, kapalılık derecesi, fay hatları, ulaşım ve yerleşim alanlarına olan uzaklık gibi doğal ve kültürel faktörlerin rolü yüksek olduğu saptanmaktadır. Bu kaynak değerleri; drenaj açısından problem yaşanmayacak, ulaşım problemi bulunmayan, cesedin çürümesi açısından mikroorganizma faaliyetlerini hızlandıracak toprak yapısına, sıcaklık ve bakı yönünün uygun seçilmesi, yüzey ve yer altı su kaynaklarını açısından tehdit altına sokmayacak alanlar, bitki varlığı açısından mezarlık ve kent alanına katkıda bulunacak alanlar tercih edilebilir. Bunların yanı sıra ölüm ve doğum oranları nüfus projeksiyonları, göç alımları göz önünde bulundurularak mezarlık alanların büyüklüklerinin saptanması sağlanmalıdır. Bu çalışma ekolojik temelli alan kullanım kararı almada yardımcı olacak şekilde örnek teşkil etmektedir.

Kaynaklar

Anonim,(2019a).https://www.haritamap.com/yer/konuralp-merkez, Erişim Tarihi: 26.01.2019.

Anonim,(2019b). https://boluobm.ogm.gov.tr/DuzceOIM/Sayfalar/default.aspx, Erişim Tarihi: 26.01.2019.

Anonim,(2019c).https://www.lafsozluk.com/2012/01/duzce-ilinin-turkiye-haritasindaki-yeri.html, Erişim Tarihi: 26.01.2019.

Anonim, (2010). Mezarlık Yerlerinin İnşaası ile Cenaze Nakil ve Defin İşlemleri Hakkında Yönetmelik (2010.19.01). Resmi Gazete (Sayı:27467),http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/01/20100119-6.htm, Erişim Tarihi: 14.01.2019.

Anonim, (2011), Mezarlıklar, Ölü Defin ve Nakli (850CK0040), (2011). T.C. Mili Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı, Ankara. Erişim Adresi http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mezarl%C4%B1klar,%20%C3%96l%C3%BC%20Defin%20ve%20Nakli.pdf Erişim Tarihi: 14.01.2019

Aktaş,R., (2009). İstanbul'daki Mezarlıkların Nitelik ve Nicelik Açısından İncelenmesi ve Çağdaş Mezarlık Planlaması Örneği Olarak Bahçeşehir Mezarlığı. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 145s, İstanbul.

Aktan, N.G., (1999). Fiziksel Planlama Yönünden İzmir ve Frankfurt Kent Mezarlıklarının Karşılaştırılması (Yüksek lisans tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Buuren, M.V., (1994). The hydrological landscape structure as a basis for network formulation; a case study fort he Regge catchment-NL. Landscape planning and ecological networks. Elsevier science. The Netherlands.

Çobanoğlu, Z. ve Güler, Ç., (1996). Mezarlıklar Tesisi, Ölü Defin ve Nakil İşleri, T.C. Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No: 20, **Erişim Tarihi:14.01.2019.**

Çıblak, N., (2002), "Anadolu'da Ölüm Sonrası Mezarlıklar Çevresinde Oluşan İnanç ve Pratikler", *Türk Kültürü, Y.XL*, S.474, ss.605- 614

Güçlü, K., Yılmaz, S. ve Yılmaz, H., (1996). Kentsel Yeşil Doku İçinde Mezarlıkların Yeri, Önemi ve Erzurum Örneği. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 27 (1), 1-12.

Gürboğa, Ş., Gökçe, O. ve Tüfekçi M.K., (2016). Türkiye'de Yüzey Faylanması Tehlikesinin Değerlendirilmesi ve Fay Sakınım Bantlarının Oluşturulması, *Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 21, 29-45.

Mansuroğlu, S.G., (1997). Düzce Ovasının Optimal Alan Kullanım Planlaması Üzerine Bir Araştırma (Basılmamış doktora tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Neufert, E., (2008). Yapı Tasarım Bilgisi, Çağla Özaslan (Çev. Ed.) 35. Baskıdan Çeviri, 2.Türkçe Baskı, İstanbul: Beta Yayıncılık.

Özkan, B., Küçükerbaş, E., Kaplan, A. ve Aslan,N., (1996). Açık Yeşil Alan ve Rekreasyon Alanı Olarak Mezarlıkların Planlama ve Tasarım Sorunları ile Çözüm Olanaklarının İzmir Kenti Örneğinde Araştırılması, *Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Raporu*, Proje No: 1994/006, Bornova, İzmir.

Özarslan, H.E., (2007). Mezarlıkların Peyzaj Planlanma Ve Tasarımı Açısından İncelenmesi: İstanbul Zincirlikuyu Mezarlığı Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Şahin, Ş., (1996). Dikmen Vadisi Peyzaj Potaniyelinin Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma (Doktora tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Şahin, Ş. and Kurum, E., (2002). Erosion risk analysis by GIS in environmental impact assessments: a case study–Seyhan Köprü Dam construction. *The Journal of Environmental Management*, vol 66, 239-247.

Uslu, A., (2009). "Çevreye Dost Mezarlık (Ekolojik Mezarlık) Planlama Yaklaşımları ve Dünya Kentlerinden Örnekler" *5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu* (IATS'09), 13-15 Mayıs, Karabük.

Uslu Odabaş, A., (1997). Tarihi Süreç İçerisinde Anadolu Mezarlıkları ve Çağdaş Bir Yaklaşımla Ankara Kenti İçin Örnek Bir Mezarlık Planlaması Üzerinde Bir Araştırma (Doktora tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Uzun, O., (2003). Düzce Asarsuyu Havzası Peyzaj Değerlendirmesi ve Yönetim Modelinin Geliştirilmesi (Basılmamış doktora tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Uzun, O., Dilek, F., Çetinkaya, G., Erduran, F. ve Açıksöz, S., (2010). Konya İli, Bozkır-Seydişehir-Ahırlı-Yalıhüyük İlçeleri ve Suğla Gölü Mevkii Peyzaj Yönetimi, Koruma ve Planlama Projesi. 2. Ara Rapor. *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü Doğa Koruma Dairesi Başkanlığı*. Ankara.

Uzun, O. ve Gültekin, P., (2011). Process analysis in landscape planning, the example of Sakarya/Kocaali, *Turkey. Scientific Research and Essays* (SRE), 6(2), 313-331 ISSN 1992-2248.

Uzun, O., Dilek, F., Çetinkaya, G., Erduran, F. ve Açiksöz, S., (2011). National and Regional Landscape Classification and Mapping of Turkey: Konya Closed Basin, SuğLa Lake and its Surrounding Area. International *Journal of the Physical Sciences* (IJPS), 6(3), 550-565 (2011) ISSN:1992-1950.(SCI Expanded).

Uzun, O., (2018). Peyzaj Planlama, Yayımlanmamış Ders Notu, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce.

Tunçel, G., (2004). Beypazarı Müzesi'ndeki Mezar Taşları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 44, 2, 267-284.

Yazar, T., (1999). *Çadır-bark-türbe Geçmişten Günümüze Mezarlık Kültürü ve İnsan Hayatına Etkileri Sempozyumu*, İstanbul: 418-431.

KASTAMONU KENT MERKEZİ ÖRNEĞİ BAĞLAMINDA PARKLARIN MEKANSAL ERİŞİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Sevgi Öztürk,
**Kastamonu Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kastamonu, Türkiye*
Öznur Işınkaralar,
**Kastamonu Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kastamonu, Türkiye*
Mert Can Akyüz
**Kastamonu Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kastamonu, Türkiye*

Özet : Kentleşmenin etkisiyle sosyal aktivitelerin gerçekleştirilebileceği ve insanların bir araya gelebilecekleri kentsel yaşam mekânlarına gereksinim artmıştır. Bunun sonucunda, kentlerde herkesin erişebileceği, toplumsallık bilincine katkı sağlayabilecek, çevresel, sosyal, ekonomik ve kamu sağlığı açısından faydaları olan açık ve yeşil alanlar dikkat çekmeye başlamıştır. Bugüne kadar kent içinde pek çok rant sağlayacak argümanın ötesinde gereksinimler sonucunda önem kazanan açık ve yeşil alanların planlanması ihtiyacı önem kazanmıştır. Türkiye'de yeşil alanların planlanmasında etkili olan unsur; imar planında yer alan kentsel standartları sağlamaktır. Oysaki planlama çalışmalarında kullanıcıların konumu ve davranışsal hareketlerine göre analiz yapılması, mekânsal erişilebilirlik göz önünde bulundurularak yer seçimi yapılması ve kamusal alanların maksimum düzeyde kullanımının sağlanması daha önem arz etmektedir. Mekânsal erişilebilirlik kavramı, mekânsal engeller göz önünde bulundurularak nüfusun bir yerleşim alanında sunulan hizmetlere ulaşabilme rahatlığını ifade etmektedir. Bu bağlamda yer seçimi kararlarında mevcut durum tespiti ve optimum yer seçiminde etkili olarak kullanılmaktadır. Çalışma, Kastamonu İli Merkez İlçesinde yer alan 20 mahalle içerisinde bulunan 46 adet park alanına olan erişimi kapsamaktadır. Bu kapsamda, mahalle sınırları dâhilinde park alanları ile konut alanlarının Öklid mesafesi göz önünde bulundurularak erişilebilirlik hesaplanamaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda, Esentepe, Aktekke, Kırkçeşme, Beyçelebi, İsfendiyar, Topçuoğlu, Akmescit, Atabeygazi ve Yavuz Selim Mahallelerinde park alanlarının bulunmadığı, bu yüzden erişilebilir olmadığı, Kuzeykent, İnönü, Mehmet Akif Ersoy Mahallelerinin parklar açısından diğer mahallelere oranla daha zengin olduğu ancak, erişilebilirlik açısından fazla nüfus yoğunluğuna hitap ettiği için orta derecede erişilebilir olduğu tespit edilmiştir. Hepkebirler Mahallesi'nin tüm mahallelere göre en erişilebilir olduğu tespit edilmiştir. Çalışmadan beklenen sonuçların karar vericilere özellikle yerel yönetime yol gösterici olabileceği ve kent içindeki fiziksel anlamada yetersiz olan mahallelere önceliklendirme verilmesi olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mekânsal Erişilebilirlik, Yeşil Alanlar, Kastamonu

Giriş

Geçmişten günümüze kentlerin insanlık tarihi açısından toplumların gelişiminde önemli bir etken olduğu ve bugün içinde bulunulan uygarlığın kentsel alanlarda doğduğu bilinmektedir. Kentler günümüzde yönetim, politika, adalet, sosyo-kültür, eğitim, sağlık, ticaret, sanatsal faaliyetler, dinsel vb. gereksinimlerin karşılandığı mekanlar olmaktadır (Karataş ve Kılıç, 2017). Ancak, kentlerde bulunan bu argümanlar, yapılar bir araya

geldiğinde sistemsel olarak kargaşa, trafik, gürültü, kirlilik vb olumsuzlukları bir araya getirebilmektedir.

Kenti oluşturan sosyal, çevresel ve fiziksel çevre arasındaki ilişki sisteminde meydana gelen sorunsallara çözüm üretmeyi amaçlayan planlama bilimsel araştırmalara dayalı olarak yaşam kalitesini arttırmayı amaçlamaktadır (Aydemir vd, 1999). Bir kentin fiziksel karakterini, mimari yapılar, açık-yeşil alanlar ve bunların birbirleriyle olan ilişkileri ve bütünlüğü oluşturmaktadır (Gül ve Küçük, 2001). Açık ve yeşil alanlar kentsel yaşam kalitesini etkileyen bir unsurdur ve bu alanlara ulaşım ise bu kaliteyi etkileyen diğer bir alt unsurdur (Öztürk ve Bozdoğan, 2014). Açık yeşil alanlar yaşam için önemlidir (Polat, 2002). Tek başlarına bir önem arz etmeseler de, aslında büyük bir sistemin önemli bir parçasıdır. İklim değişikliği, su kaynaklarının dengelenmesi, doğal afetlerin etkisini azaltması gibi birçok faydaları vardır. Parklar önceleri belirli yaş gruplarına hitap eden ve onların dinlenme, özellikle küçük yaş grubu için oyun ihtiyacını karşılamaya yarayan alanlar olarak algılanırken bu algıları karşılama noktasında yetersizlikleri göze çarpmaktadır (Şahin, 2017). Bu anlamda artık her yaştaki insanın bir şeyler bulabileceği, çeşitli fonksiyonlar ile aktiviteler yüklenmiş ve donatılarca zengin parklar tasarlanmaya başlanmıştır (Kandemir, 2010).

Kentsel alanlarda yer alan parklar, kent peyzajının anahtar elemanları olup kentsel sürdürülebilirlik açısından ekolojik, çevresel ve sosyal açıdan dış mekan kullanımı sunar (Tian vd., 2017). Bunlardan dolayıdır ki kentler için çok önemli olan açık yeşil alanların ve bu alanların en önemli yapı taşı olan park oluşumlarının erişilebilirliği bu çalışmanın ana konusudur.

Erişilebilirlik, bir mekana veya hizmete ulaşılma veya elde edilme kolaylığı anlamına gelmektedir. Bu bağlamda, mekânsal erişilebilirlik araştırmalarının park gibi belirli bir etkinlik ile etkileşim veya temas için göreceli fırsatı ölçmek hedefi taşıdığı söylenebilir (Gregory, 1986). Pred (1977), bir şehir içindeki yaşam kalitesini, sakinlerinin doğaya erişebilirliği ve kapsamlı rekreasyonel açık alan olanakları ile özellikle ilişkilendirir (Nicholls, S., 2001). Erişilebilirlik, hareketlilik kavramıyla güçlü bir şekilde bağlantılıdır ve bu nedenle arazi deseninde ulaşım sistemlerini ve seyahat zamanlarını incelemek erişilebilirlik araştırmasıyla ilgilidir (Geurs ve van Wee, 2004; Salonen, 2014).

Çalışma kapsamında açık yeşil alanların dağılım ve mekânsal erişilebilirliklerinin analizlerinde Coğrafi Bilgi Sistemi'nden (CBS) yararlanılmıştır. Yapılan çalışma ile Kastamonu kent merkezinin açık yeşil alanları ve parklarının mahalle bazında nüfus durumuna göre yeterliliği göz önünde bulundurularak irdelenmiş, kentin yeni yapılacak parklarının planlanmasında daha çağdaş ve daha homojen bir duruma getirilmesine yönelik öneriler sunulmuştur.

Materyal Ve Yöntem

Batı Karadeniz Bölgesinde bulunmakta olan Kastamonu il merkezinin rakımı 775 m (İbret ve Aydınözü, 2009) yüzölçümü 13.108,1 km²'dir. Kastamonu ili çoğunlukla engebeli vasıftaki arazilerden oluşmaktadır. Kastamonu'nun kuzeyinde Karadeniz sahil boyunca paralel uzanan Küre Dağları, güney kısmında ise yine doğu batı yönünde uzantılı Ilgaz Dağları yer almaktadır (Öztürk ve Özdemir, 2013). Kastamonu'nun yüzölçümünün % 74,6'sı dağlık ve ormanlık, % 21,6'sı plato ve % 3,8'i ovadan oluşmaktadır (Şahin, 2017).

Kastamonu İl merkezi, mücavir alan dışında kalan oldukça pasif yeşil alanlara sahip bir alandır. Kentin çevresinde kent ormanı, piknik alanları, orman ve milli park alanları vardır. Bu çalışmada ise mücavir alan sınırları içerisinde kalmış olan açık ve yeşil alanlar; (park alanları) değerlendirilmiştir. Kastamonu kent merkezinde kent parkı niteliğinde park alanı bulunmamaktadır (Yılmaz, 2018). Toplam 19 mahallenin var olduğu Kastamonu kent merkezindeki açık ve yeşil alanlara ilişkin Kastamonu Belediyesi tarafından düzenlenmiş olan bu veriler dâhilinde 46 adet park alanı bulunmaktadır (Şekil 1).

Şekil 1. Park Konum Haritası

Kentte toplam bulunan 46 adet park alanının toplam alanı 178.340 m²'dir. Materyal olarak ayrıca; Kastamonu ili park ölçüleri, arazi çalışmalarında elde edilen veriler ve fotoğraflar, Kastamonu Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü ile yapılan görüşmeler yer almaktadır.

Kastamonu kent merkezinde bulunan 46 adet parkın ismi ve mahallesi liste halinde Tablo 1'de verilmiştir.

PARK İSMİ	MAHALLESİ	PARK İSMİ	MAHALLESİ
Kırkodalı parkı	Akmescit	Dt. Ekrem esen parkı	Kuzeykent
Şehitler parkı	Beyçelebi	Gül yapı koop. Yanı çocuk parkı	Kuzeykent
Candaroğlu parkı	Candaroğulları	Harikalar diyarı	Kuzeykent
Candaroğlu pazar yeri karşısı park	Candaroğulları	Kayın sokak parkı	Kuzeykent
Şerifebacı hastahanesi parkı	Candaroğulları	Kuzeykent mah. 1313 parsel No'lu park	Kuzeykent
Alparslan Türkeş Parkı	Hepkebirler	Taşdelen sokak parkı (kurtuluş koop. Önü)	Kuzeykent
Nasrullah Meydanı	Hepkebirler	Trafik eğitim merkezi	Kuzeykent
Kale Yolu Sokak Parkı	Hisarardı	Vali Aydın Arslan Caddesi Parkı	Kuzeykent
İsfendiyarbey Parkı	Honsalar	Yenişehir Parkı	Kuzeykent
Elçibey Parkı	İnönü	Arnavutoğlu Caddesi Parkı	M.Akif Ersoy
Eligüzel parkı	İnönü	Durukent parkı	M.akif ersoy
Hüma Hatun Parkı	İnönü	Güney parkı 1	M.Akif Ersoy
Ilgaz Sokak Parkı	İnönü	Güney parkı 2	M.akif ersoy
Irmak Sokak Yürüyüş Yolu	İnönü	Hayri Darende Parkı	M.akif ersoy
Kılavuz Sokak Parkı	İnönü	M.akif ersoy cami önü	M.akif ersoy
Mehmet Akif Ersoy Parkı	İnönü	Rauf Denktaş Caddesi Park ve Spor alanı	M.akif ersoy
Sanayi Parkı	İnönü	Sepetçioğlu Sokak Parkı	M.akif ersoy
Cumhuriyet Meydanı	İsfendiyar	Şehit Bülent Gider Parkı	M.akif ersoy
Saat Kulesi Parkı	İsfendiyar	Başkent Parkı	Saraçlar
Sinanbey Parkı	İsfendiyar	Çağlar parkı	Saraçlar
Cevizli Parkı	İsmailbey	İstanbul Caddesi Çağlayık Dere Kenarı Yürüyüş Yolu Parkı	Saraçlar
Kışla Parkı	İsmailbey	İstiklal Yolu Parkı	Saraçlar
Turhan Topçuoğlu Şehir Parkı	İsmailbey	Yavuzbey Camii Parkı	Kuzeykent

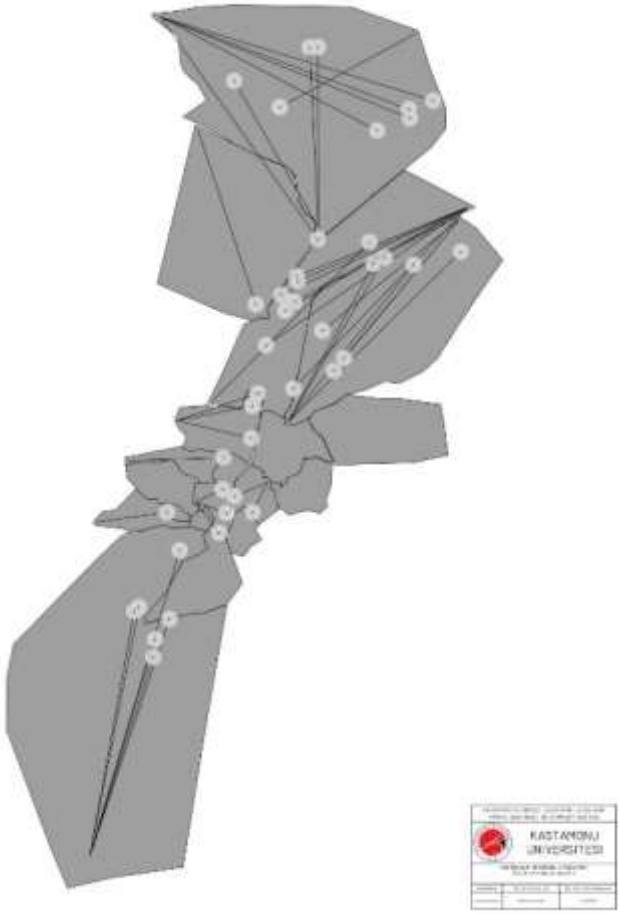
Tablo 1. Kastamonu mücavir alandaki park alanları listesi

Çalışmada yöntem olarak öncelikle Dünya'daki ve Türkiye'deki parkların standartları incelemiş olup, sonrasında Kastamonu ili kent merkezindeki park durumu ve mahalle parklarının özellikleri, elektronik tabanlı veriler incelenerek literatür taraması yapılmıştır. Çalışma doğrultusunda gerek araziden gerekse yazılı olarak elde edilen bilgiler kayıt altına alınmıştır. Daha sonra, araziden elde edilen ve temin edilen park alanlarına ilişkin koordinat verileri, (bulunduğu cadde veya sokak bilgileri) CBS ortamında veri tabanı olarak kaydedilmiştir. Bu veriler ışığında Öklid hesabı kullanılarak hangi mahallenin park alanları için daha erişilebilir olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır.

Bulgular

Yapılan büro ve alan çalışması sonrasındaki park alanları erişilebilirliğini ölçmek için elde edilen verilere göre; Kastamonu kent merkezindeki Esentepe, Aktekke, Kırkçeşme, Cebrail, Topcuoğlu ve Akmescit mahallelerinde hiç park alanı bulunmamadığı, Honsalar, Hisarardı, Beyçelebi mahallelerinde 1'er adet; Candaroğulları ve Hepkebirler Mahallesinde 2 adet; İsfendiyar Mahallesi'nde 3 adet; İsmailbey Mahallesi'nde 4 adet; Saraçlar ve İnönü Mahallelerinde 6 adet; Mehmet Akif Ersoy 9 adet; Kuzeykent Mahallesinde 11 adet olmak üzere toplamda 46 adet park alanı bulunduğu ortaya konmuştur.

Çalışmada mahalle bazında bu park alanlarına yerleşimlerden erişilebilirliği hesaplamak için kullanılan Öklid hesabı sonucunda (Şekil 2) Tablo 2. elde edilmiştir.



Şekil 2. Park İle En Uzak Mesken Arasındaki Öklid Mesafeleri Haritası

Tablo 2'ye göre yayaların ve araçların yerleşimlerinden park alanlarına ulaşım dakikaları ortaya konmuştur. Buna göre, İsfendiyar mahallesinden kentin en önemli açık ve yeşil alanı olan Cumhuriyet Meydanına ulaşımın 3,78 dk olmasıyla en kolay erişilebilir olduğu, Kuzeykent Mahallesi'nde bulunan Kayın Parkına 38,33 dk ile en uzak mesafede erişilebilir park alanı olduğu ortaya konmuştur. Kuzeykent mahallesinin coğrafi olarak büyük olması da bu durumun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ancak, çalışmada erişilebilirlik mahalle bazında ortaya konduğundan bu parka erişim oldukça uzun süre almaktadır.

PARK İSMİ	**MAHALLESİ**	**EN UZAK MESKENDEN PARKA ULAŞIM SÜRESİ**	
		YAYA (90M/DK)	**ARAÇ (50KM/SA)**
Kırkodalı Parkı	Akmescit	26.33	0.47
Şehitler Parkı	Beyçelebi	33.33	0.6
Candaroğlu parkı	Candaroğulları	36.56	0.66
Candaroğlu Pazar Yeri	Candaroğulları	24.56	0.44
Şerifebacı Hastahanesi Parkı	Candaroğulları	24.44	0.44
Alparslan Türkeş Parkı	Hepkebirler	4.89	0.09
Nasrullah Meydanı	Hepkebirler	4	0.07
Kale Yolu Sokak Parkı	Hisarardı	9.44	0.17
İsfendiyarbey Parkı	Honsalar	12.78	0.23
Elçibey Parkı	İnönü	24.89	0.45
Eligüzel Parkı	İnönü	30	0.54
Hüma Hatun Parkı	İnönü	26.56	0.48
Ilgaz Sokak Parkı	İnönü	28.11	0.51
Irmak Sokak Yürüyüş Yolu	İnönü	27.67	0.5
Kılavuz Sokak Parkı	İnönü	24.78	0.45
Mehmet Akif Ersoy Parkı	İnönü	23.67	0.43
Sanayi Parkı	İnönü	32.78	0.59
Cumhuriyet Meydanı	İsfendiyar	3.78	0.07
Saat Kulesi Parkı	İsfendiyar	4.44	0.08
Sinanbey Parkı	İsfendiyar	5.22	0.09
Cevizli Parkı	İsmailbey	10.33	0.19
Kışla Parkı	İsmailbey	11.44	0.21
Turhan Topçuoğlu	İsmailbey	10.44	0.19
Dt. Ekrem Esen Parkı	Kuzeykent	32.89	0.59
Gül Yapı Koop. Yanı Çocuk Parkı	Kuzeykent	35.67	0.64
Harikalar Diyarı	Kuzeykent	24.11	0.43
Kayın Sokak Parkı	Kuzeykent	38.33	0.69
Kuzeykent Mah. 1313 Parsel No'lu Park	Kuzeykent	4.44	0.08
Taşdelen Sokak Parkı	Kuzeykent	36.22	0.65
Trafik Eğitim Merkezi	Kuzeykent	24	0.43
Vali Aydın Arslan Caddesi Parkı	Kuzeykent	20.89	0.38
Yenişehir Parkı	Kuzeykent	22.67	0.41
Arnavutoğlu Caddesi Parkı	M.akif ersoy	33.78	0.61
Durukent Parkı	M.akif ersoy	26.89	0.48
Güney Parkı 1	M.akif ersoy	32.56	0.59
Güney parkı 2	M.akif ersoy	32.56	0.59
Hayri Darende Parkı	M.akif ersoy	24.11	0.43
M.Akif Ersoy Cami Önü	M.akif ersoy	24.11	0.43
Rauf Denktaş Caddesi Park Ve Spor Alanı	M.akif ersoy	25.44	0.46

sepetçioğlu sokak parkı	M.akif ersoy	24.11	0.43
Şehit Bülent Gider Parkı	M.akif ersoy	33.33	0.6
Başkent Parkı	Saraçlar	28	0.5
Çağlar Parkı	Saraçlar	30.33	0.55
İstanbul Caddesi Çağlayık Dere Kenarı Yürüyüş Yolu parkı	Saraçlar	34	0.61
İstiklal Yolu Parkı	Saraçlar	33.33	0.6

Tablo 2**.** Park ile en uzak mesken arasındaki öklid mesafesinin varış süresi

Sonuç

Arazi çalışmalarından elde edilmiş veriler, büro çalışmaları ve yapılan analizlerin sonucuna göre; Kastamonu kent merkezinde var olan 19 mahalleden yalnızca 11 mahallede park alanları bulunurken, 8 mahallede park alanı bulunmamaktadır. Bu 8 mahalle bu durumda açık ve yeşil alanlar ölçeğinde erişilebilir durumda değildir.

Kastamonu ilindeki genel yerleşim düzenine baktığımızda yerleşimin genel itibarıyla tescilli binaların ve eski yerleşimlerin bulunduğu (İsfendiyarbey, Honsalar, Hepkebirler, İsmailbey, Hisarardı, Kırkçeşme, Akmescit, Aktekke, Atabeygazi, Cebrail, Esentepe, Kırkçeşme, Topçuoğlu ve Yavuz Selim Mahalleleri) mahallelerden ve daha çok yeni yerleşimlerin oluştuğu bir ayrı bölgenin (İnönü, Candaroğulları, Mehmet Akif Ersoy, Saraçlar, Beyçelebi ve Kuzeykent Mahalleleri) bulunduğu görülmektedir. Ancak, yeni yerleşimlerin bulunduğu Saraçlar ve Beyçelebi Mahalleleri de yine tescilli binalara sahiptir. Kentte yeni yerleşmeler daha fazla olmakta ve diğer mahallelere göre hızlı gelişmektedir.

Sonuç olarak Kastamonu İli Merkez İlçesinde Kuzeykent Mahallesinde bulunan Kayın Sokak Parkına yaya ulaşımında 38.33 dk. araç ile ulaşımda 41.40 dk. ile ulaşımı en uzun süre yapılan park olduğu saptanmıştır. Genel olarak Kuzeykent mahallesinde erişimin daha uzun süre olduğu diğer park alanları içinde söylemek mümkündür. Yine erişilebilirlik anlamında 2. uzak mesafeye sahip olan Mehmet Akif Ersoy mahallesi olarak görülmektedir. İsfendiyar mahallesinden kentin en önemli açık ve yeşil alanı olan Cumhuriyet Meydanına ulaşımın 3,78 dk olmasıyla en kolay erişilebilir olduğu ve daha sonra en kısa sürede erişilebilir açık ve yeşil alan 4 dakika yaya, 4.2 dakika da araçla ulaşımı sağlanan Hepkebirler Mahallesinde bulunan Nasrullah Meydanı olmaktadır.

Çalışmada öncelikle 8 mahallenin öncelikle ihtiyaçlarının tespit edilerek mahallenin hem sosyal hem fiziksel hem de fonksiyonel anlamda ihtiyacına cevap verecek açık ve yeşil alanlarının tanımlanması, gerekirse imar planlarının revize edilmesi konunun yerel yönetimler tarafından önceliklendirilmesi gerekmektedir. Daha sonra adet olarak yoğun gözüken

ancak, coğrafi olarak büyük bir alana sahip özellikle Kuzeykent Mahallesi'nin de erişilebilirliğinin kolaylaştırılması çalışmada önerilmektedir. Yine M. Akif Ersoy ve İnönü Mahalleleri de bu anlamda yoğun nüfusunda bulunması itibariyle erişilebilirliğinin arttırılması gereken mahallelerdendir. Açık ve yeşil alan bazında yapılan çalışmada daha çok yeni yerleşimlerin erişilebilirliğinin uzun süre aldığı Kastamonu kentinde yeni yapılacak park alanlarının bu çalışma dikkate alınarak planlanması ayrıca önerilmektedir.

Kaynakça

Aydemir S., Aydemir S. E., Ökten N., Öksüz A.M., Sancar C., ve Özyaba M., (1999). Kentsel Alanların Planlanması ve Tasarımı, KTÜ Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Ders Notları, No:54, 477, s.477, Trabzon.

Geurs, K. T. & B. van Wee. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions.

Gregory, D. (1986). Accessibility, in: R.J. Johnston, D. Gregor y, and D.R. Stoddart (eds) The Dictionary of Human Geography, second edition, Oxford, England, Blackwell, p. 2.

Gül, A., Küçük V., (2001). Kentsel Açık-Yeşil Alanlar ve Isoarta Kenti Örneğinde İrdelenmesi, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi Seri:A, Sayı:2, Yıl: 2001.

İbret Ü. ve Aydınöz D., (2009). Şehirleşmede Yanlış Yer Seçiminin Hava Kirliliği Üzerine Olan Etkisine Bir Örnek: Kastamonu Şehri. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, Sayı 18, Sayfa 71-88, İstanbul, 2009.

Kandemir, R. V. (2010). Kamusal Alan İçerisinde Mahalle Parkları ve Bir Mahalle Parkı Tasarım Rehberi Düşüncesi. Yüksek Lisans Tezi.

Nicholls S., (2001). Measuring the accessibility and equity of public parks: a case study using GIS, Managing Leisure 6, 201–219.

Öztürk, S. ve Özdemir Z. (2013). Kentsel ve Yeşil Alanların Yaşam Kalitesine Etkisi "Kastamonu Örneği". Araştırma Makalesi, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Yıl: 2013, Sayfa: 109-116.Kastamonu.

Öztürk, S., Bozdoğan, E. (2014). Determination of The Perceived Quality of Urban Life in New and Traditional Housing Textures, Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 23 – No 10, 2415-2421.

Polat, A.T. (2002). Kent Parkı Kavramı ve Konya İçin Örnek Bir Çalışma, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Pred, A. (1977) City Systems in Advanced Economies, London, England, Hutchinson.

Salonen, M. (2014). Analysing spatial accessibility patterns with travel time and distance measures: novel approaches for rural and urban contexts. PhD thesis, Department of Geosciences and Geography, University of Helsinki.

Şahin, F. (2017). Kentsel Tasarımda Kent Parklarının Engelli Haraketliliği 'Kastamonu Örneği'. Yüksek Lisans Tezi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.

Tian Y., Jim C. Y., Liu Y., (2017). Using a Spatial Interaction Model to Assess the Accessibility of District Parks in Hong Kong, Sustainability, 9(11):1924.

Yılmaz, C. (2018). Kastamonu Kent Merkezindeki Açık ve Yeşil Alan Sisteminin Değerlendirilmesi ve CBS ortamında Haritalanması. Yüksek Lisans Tezi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.

ENGINEERING SCIENCES / MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ

TEXT CLASSIFICATION USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES FOR CITIZENS' COMMUNICATION

Ahmed Enis ERKAYA*

*Ankara Yıldırım Beyazıt University, Department of Computer Engineering, Ankara, Turkey
E-mail: 175101106@ybu.edu.tr

Ahmet Ercan TOPCU**

**College of Engineering and Technology, American University of the Middle East, Kuwait
E-mail: ahmet.topcu@aum.edu.kw

and

Ankara Yıldırım Beyazıt University, Department of Computer Engineering, Ankara, Turkey
E-mail: aetopcu@ybu.edu.tr

Abstract: Text classification is applied in many fields and its value is increasing daily. Such issues as spam mail detection, sentiment analysis and news categorization detection are quite important. Text classification plays an important role in communication with citizens while solving their problems. Firstly, thousands of letters of request are processed and they are classified with regard to the concerned issues. Secondly, they are directed to the relevant department, and then the studies get started for the solution. Also we aimed to minimize the time spent for responding to the citizens by auto-classification of the requests received by use of the methods of text classification. In this study, thousands of Turkish letters of request the citizens of an organization sent were examined; the methods of stemming word and stop word cleaning were applied. Secondly, the features of the data cleaned were identified by use of the method of TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) feature selection. Thirdly, these features were applied by the machine learning algorithm "Naïve Bayes"; and thus, it was detected which department of the organization is concerned with the text. The methods of stemming word and stop word cleaning were applied to the letters of request, and their unapplied forms and the algorithm were run separately. Then, the results were compared to each other. Lastly, the accuracy of the feature formed was tested on the other machine learning algorithms. According to the results, Support Vector

Machine algorithm is more suitable for our text data and preprocessing and stop word cleaning are very important for the accuracy of classification.

Keywords: Machine learning, natural language Processing, text classification, TF-IDF, SVM

1. Introduction

Technology is renewing itself daily, and it is getting easier for users to access technology. Along with the increase of the use of mobile devices, people spend more time on both social media and other online platforms, and share their opinions and wishes by these platforms. It has always been an important matter for researchers to transform this big data into information and to make various processes relevant. Many practices such as sentiment analysis on tweets sent (M., Woonna, & Giri, 2016), news categorization (Sandeep & Kaur Khiva, 2016), e-commerce comment categorization and web page visit classification and their direction to the relevant menus have been applied. (Jindal, Malhotra, & Jain, 2015)

Customer Relationships Management (CRM) applications has been the research area on which data mining techniques were applied most. In this paper, the categorization of the requests sent to the software used by many organizations is going to be dealt with. CRM systems have started to be used in organizations, too. Many organizations in Turkey use these systems on the purpose of serving their citizens. It has been detected that the services have got better and the communication with the citizens has improved by the use of CRM systems in organizations by the research findings. Besides, it has also been seen that the use of CRM systems in organizations brings not only benefits but also harms with it. While it is expected for the services to become faster, slower processes arose than thought. (Duque, Filipe, Varajão, & Dominguez, 2013) In the organizations we work with, the reason for this problem was detected as the fact that the processes taken for transferring the requests coming from the citizens to the personnel related are too detailed and complicated. When a request comes, it first goes to the screen of the support personnel. Then, he/she sends it to the relevant department. The request sent to the screen of the personnel responsible with the relevant subject is responded to by him/her and the response is conveyed to the citizens. Even if the process is that short theoretically, in practice, this process becomes quite longer in large-scaled organizations managing big operations in which it is harder to determine the relevant subjects. In this study, these requests sent to the organization by using text classification methods were categorized, and were provided to be directed to the relevant subject automatically.

2. Methodology

Before using text classification algorithms, it is important to preprocess the text data for data integrity. Therefore, first, the methods of preprocessing and data cleaning were applied to the letters of request; then, the features of the letters were extracted and implemented in the text classification algorithms. (Pranckevičius & Marcinkevičius, 2017)

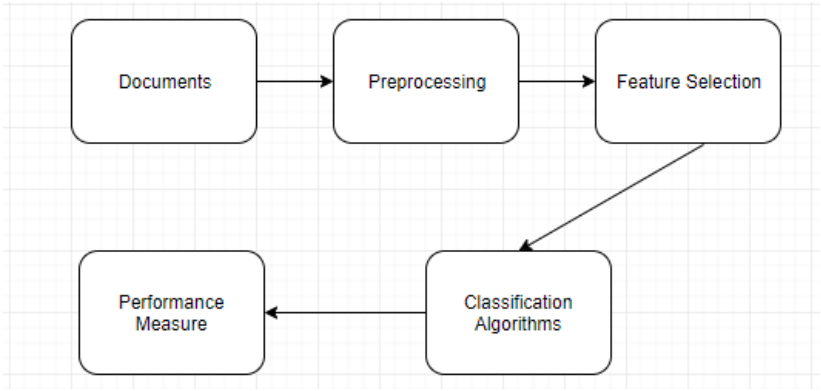


Figure 1: Classification Process Steps

Figure 1 shows our classification process. Documents refer to the text data; preprocessing is an important step for classification. Along with them, feature selection, classification algorithms and performance measure are going to be explained in the next sections.

2.1. Dataset

Two hundred twenty thousand Turkish letters of request the citizens sent and three thousand topics were used in this study. The actual data was obtained from an organization. Since the data is the sentences written by the citizens, the spelling mistakes and incorrect sentences are quite high.

2.2. Preprocessing

Preprocessing is a step required for the cleaning and implementation in the classification algorithms of the data. There might be misspellings and incorrect abbreviations in the text data coming directly from the users. These misspellings might cause the text classification algorithms to work in a wrong way. Because the algorithm will take the different spellings for the same word as different words, there might be different results. (Haddi, Liu, & Shi, 2013) In this study, Zemberek library was used for preprocessing. Zemberek is a library developed for morphology and natural language processing on Turkish texts. The data related to Turkish is contained in Zemberek library. (Akın & Akın, 2007) Thanks to this library that helps us make the required preprocessing on the present

Turkish letters of request, the step of preprocessing required for the text classification algorithms to work consistently was realized.

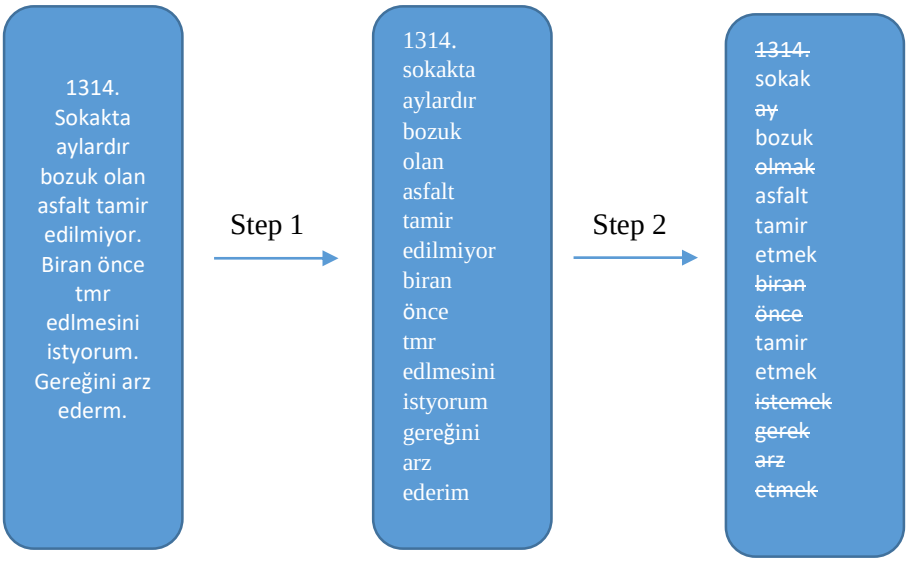


Figure 2: Sample preprocessing Steps

In step 1, the figure above, all the text data was transformed into lower cases. The punctuation marks and the other special characters were cleaned. By Zemberek, firstly, the misspellings in the letters of request were corrected. Then in step 2, the roots of the words used were found out and a new text corpus including just their roots was formed. Lastly, in this corpus, text cleaning was applied and the unnecessary words were cleaned out of the text data. The unnecessary words are conjunctions having no importance and words making no sense on their own when we consider the categories to be determined.

2.3. Feature Selection

In this study, the method TF-IDF (Term Frequency – Inverse Document Frequency) was applied to select features on the text data. The method TF-IDF analyses each letter of request with regard to its words, then compares it to all the other letters of request. The frequency of the analyzed word in the concerned letter of request is compared to its frequency in all the text data. Thus, the

weighting of every word is detected among all the letters of request. TF-IDF, as a vector space model, is a method used very often for weighting. What is important for TD-IDF is not only how many times a word is used but also how many different documents it is used in. TD-IDF gives more importance to the number of documents a word is used in. (Liu & Yang, 2012)

I. Term Frequency (TF)

The method 'TF-IDF', which was used in this study, is a combination of two different processes. Term frequency means the counting of how often the relevant word is used in a letter of request. (Qaiser & Ali, 2018) For example, suppose that there are four 'asphalt' word in the first text data in process and the total number of the words is sixteen.

TF = 4/16 (& of words) / (total word)

TF = 0.25

In this example, the term frequency of the word concerned is 0.25.

II. Inverse Document Frequency (IDF)

It is a log-based calculation. The total number of the texts the concerned word is used in is compared to the number of all the texts in the base of a logarithm. In this study, the letters of request sent by the citizens to an organization were analyzed. As an example, suppose that we have a hundred letters of request in total, and the word we are looking for, 'asphalt', is used in just twenty of these a hundred letters of request. As a result, we can say IDF = log (100/20) = 0.30. TF-IDF is calculated by multiplying these TF and IDF values.

2.4. Algorithm

I. Naïve Bayes

It is the simplified form of Bayesian theorem. All the features are independent according to the class. (Zhang, 2004) In other words, it is a suitable classification method to be used in circumstances in which a text belongs to just one class.

II. Support Vector Machine

It is used in the fields 'pattern recognition' and 'classification of computer network traffic' very often. In addition, it is also used in processes requiring pattern recognition such as text classification and voice recognition. (Pradhan, 2012) SVM, firstly, was suggested to be used in circumstances in which there are two classes; but, today, the problems we come across contain more than two classes. The fact that there is more than one matter in the letters of request sent to organizations is an example of it. SVM divides the present data into two classes

by a hyperplane. (Ahuja & Yadav, 2012) When there are more than two classes, it realizes the classification in an n-dimensional setting.

III. Logistic Regression

Logistic regression as a classification algorithm calculates the feature selection features which may belong to the specific group. It is called so because it draws a logarithmic function. Because it is a classification algorithm, the data was tested with it, as well.

IV. Random Forest Classifier

This algorithm can be thought of as a forest composed of decision trees. It looks at all the decision trees in a dataset and comes to estimation by combining all the results. The algorithm starts to run by taking approximately 63% of the present data as an example. The decision tree runs for each example. A decision is made according to most of the observations after all the decision trees' running is completed, and the classification is done. (Cutler, et al., 2007)

3. Results

The letters of request were tested for the four algorithms aforementioned one by one. The conditions of the letters of request before and after the process 'stop word cleaning' were tested, too, and the differences arising in the accuracy of the algorithm as a result of preprocessing were observed. For example; when the steps in Figure 1 are applied to the letter of request "*1314. Sokakta bozuk yollar var. Biran önce asfalt atılmasını ve yolun onarılmasını talep etmekteyim. Gereğini arz ederim.*", the classification algorithm predicts the subject as "*Asfalt Bakım Onarım*".

Algorithm	Before Preprocessing	After Preprocessing
Random Forest	0.153608	0.168411
SVM	0.424147	0.519742
Naïve Bayes	0.200583	0.311046
Logistic Regression	0.350864	0.457118

Table 1: Algorithm accuracy

In Table 1 shown above, the data preprocessing was not applied to and the results obtained with the running of the relevant algorithm are seen. SVM ran with approximately 42%, Logistic Regression 35%, Naive Bayes 20% and Random Forest Classifier 15% accuracy.

The data preprocessing was applied to and the results obtained with the running of the relevant algorithm are seen. SVM ran with approximately 52%, Logistic Regression 45%, Naive Bayes 31% and Random Forest Classifier 16% accuracy.

4. Conclusion and Future Work

In this study, preprocessing was applied to the requests coming from the citizens in a letter format, and then feature selection was applied by TF-IDF algorithm. Finally, the present letters of request were tested by four different algorithms. It was seen as a result of this experiment that the most efficient algorithm is the SVM shown above in Table 1 above. After applying preprocessing to the present letters of request again and doing stop word cleaning in a better way; it was seen that the accuracy of the efficient algorithm increased from 42% to 52% when we run the algorithms one more time.

To conclude, when we apply preprocessing to the present data in a consistent way, we achieve increasement in the accuracy of the algorithm. It would be said that the results to come from the algorithms will be better if a more consistent stop word pool is formed.

In the future, we would come to more efficient conclusions after improving the stop word pool by detecting the words used often in the letters of request. We concluded that SVM algorithm is suitable for the classification algorithm for the text data.

5. References

Ahuja, Y., & Yadav, S. K. (2012). Multiclass Classification and Support Vector Machine. Global Journal of Computer Science and Technology, 15-19.

Akın, A. A., & Akın, M. D. (2007). Zemberek, an open source NLP framework for Turkic Languages.

Cutler, R., Edwards, T. C., Beard, K. H., Cutler, A., Hess, K. T., Gibson, J., & Lawler, J. J. (2007). Random Forests for Classification in Ecology. Ecological Society of America.

Duque, J., Filipe, V. M., Varajão, J., & Dominguez, C. (2013). Implementation of CRM systems in Portuguese Municipalities. Local Government Studies.

Haddi, E., Liu, X., & Shi, Y. (2013). The Role of Text Pre-processing in Sentiment Analysis. Procedia Computer Science, 26-32.

Hakim, A. A., Erwin, A., Eng, K. I., Galinium, M., & Muliady, W. (2014). Automated Document Classification for News Article. Yogyakarta: 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering.

Jindal, R., Malhotra, R., & Jain, A. (2015). Techniques for text classification: Literature review and current trends. Webology.

Kaur, J., & SAINI, J. R. (2015). A Study of Text Classification Natural Language Processing. VNSGU Journal of Science and TechnologY, 162-167.

Liu, M., & Yang, J. (2012). An improvement of TFIDF weighting in text categorization. International Conference on Computer Technology and Science.

M., K., Woonna, S., & Giri, P. (2016). Sentiment Analysis of Twitter Data. International Journal of Innovations in Engineering and Technology, 264-273.

Ning, X., Huang, Y., Hu, B., & Nimbarte, A. (2015). Neck kinematics and muscle activity during mobile device operations. International Journal of Industrial Ergonomics, 10-15.

Pradhan, A. (2012). Support vector machine-A survey. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 82-85.

PranckevičiuS, T., & Marcinkevičius, V. (2017). Comparison of Naïve Bayes, Random Forest, Decision Tree, Support Vector Machines, and Logistic Regression Classifiers for Text Reviews Classification. Baltic J. Modern Computing, 221-232.

Qaiser, S., & Ali, R. (2018). Text Mining: Use of TF-IDF to Examine the Relevance of Words to Documents. International Journal of Computer Applications , 25-29.

Sandeep, K., & Kaur Khiva, N. (2016). Online news classification using Deep Learning Technique. International Research Journal of Engineering and Technology, 558-563.

SANO, A., Haga, S., Sekine, Y., Sato, H., Yamaguchi, S., & Masuda, K. (2015). Effects of using a smart phone on pedestrians' attention and walking. Procedia Manufacturing, 2574-2580.

Zhang, H. (2004). The Optimality of Naive Bayes. AA.

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİKTE ALIŞVERİŞ UYGULAMASI ÖRNEĞİ: SHOPPING AR

Aslıhan Öztürk, Doç. Dr. Aysun Coşkun

Gazi Üniversitesi, Ankara

aslihanozturk95@gmail.com

Özet: Artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisi bilgisayarlarda uzun yıllardır kullanılmasına rağmen mobil cihazlar için yeni bir alandır. AR teknolojisi sanal dünyanın gerçek dünya üzerinden görüntülenip etkileşmesinden dolayı insanların ilgisini çekmektedir. Ticaretle uğraşan insanlarda bu ilgiyi firmalarına yönlendirmek için artırılmış gerçeklik alanında çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Bu çalışmada günlük hayatta insanların mobil uygulamalar üzerinden alışverişinin artmasından esinlenerek artırılmış gerçekliğin kullanıldığı bir alışveriş uygulaması geliştirilmiştir. Çalışmada PTC şirketinin geliştirmiş olduğu Vuforia AR SDK kullanılarak cadde ve sokaklardaki panolara yapıştırılan reklamları tanıyan ve anında satın almayı gerçekleştirebilen bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulama Vuforia AR SDK ile kolay entegre edilebilmesinden dolayı Unity oyun motoru üzerinden C# programlama diliyle geliştirilmiştir. Vuforia SDK üzerinden reklamlar için veritabanı oluşturulmuştur. Sokakta, caddede bulunan reklamlar kamera ile taratıldığında resim gri ölçekli resme dönüştürülüp veritabanı ile karşılaştırma yapılmaktadır. Karşılaştırma sonucunda resim eşleştiğinde reklam üzerinde ki ürün hakkında içerik görüntüleyip satın alma sistemi tasarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Artırılmış Gerçeklik, Vuforia AR SDK, Görüntü Tanıma

AUGMENTED REALITY SHOPPING APPLICATION EXAMPLE: SHOPPING AR

Abstract: Augmented reality (AR) technology is a new field for mobile devices, although it has been used for many years on computers. AR technology attracts the attention of people because the virtual world is displayed and interacted in the real world. They started to work in augmented reality field in order to direct this interest to their companies. In this study, a shopping application has been developed which uses the augmented reality, inspired by the increase in people's daily life through mobile applications. In this study, an application has been developed which can recognize the advertisements pasted to the boards in streets and streets by using the Vuforia AR SDK developed by the PTC company. Since the application can be easily integrated with Vuforia AR SDK, Unity is developed with C # programming language via game engine. Database has been created for advertisements via Vuforia SDK. When the street ads are scanned by the camera, the image is converted to gray scale picture and compared with the database. As a result of the comparison, when the image is matched, the content of the product on the advertisement is displayed and the purchasing system is designed.

Keywords: Augmented Reality, Vuforia AR SDK, Image Recognition

1.GİRİŞ

Mobil cihazların gelişmesiyle birlikte geliştirilen yeni teknolojilerin birçoğu mobil cihazlar için yapılmaya başlanmıştır. Mobil cihaz kullanımının artması gelişen teknolojilerin daha büyük kitlelere ulaşmasını sağlamaktadır. Yeni sayılabilecek bir teknoloji olan artırılmış gerçeklikte bilgisayarlar için çıkmasına rağmen mobil cihazlar içinde geliştirilmiştir. Artırılmış gerçekliğin ortaya çıkmasından sonra insanların ilgisini çekmiş ve farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Eğitim, pazarlama, reklam ve askeri alanda kullanımlarına rastlanmaktadır. Reklam ve pazarlama için avantajlı olmaya başlayan artırılmış gerçeklik firmaların tercihi haline gelmektedir.

İnternet üzerinden pazarlama yapmak firmaların daha fazla reklam yapmalarını gerektirmektedir. Farklı reklam yaparak kullanıcıların dikkatini çekebilmeleri çok büyük önem arz etmektedir. Caddelerde ki reklam panoları, televizyon reklamları ve internet üzerinden reklamlar paylaşılmaktadır. Fakat her firma aynı şekilde reklam çalışması yaptıkları için avantajlı duruma geçmeleri çok zordur. Artırılmış gerçekliği kullanarak reklam yapan firmalar daha fazla dikkat çekmekte ve alışveriş için tercih sebebi olmaktadırlar. Buna istinaden cadde, sokak ve otobüslere verilen reklamlar ile artırılmış gerçeklik teknolojisi birleştirilerek “Gördüğünü Al” sloganıyla bu çalışma yapılmıştır. Çalışmaya göre cadde, sokak ve otobüslerdeki reklam panolarında bulunan ürünleri almak isteyen müşteri bu uygulamayı açarak kamera yardımıyla görüntü tanıma işlemi gerçekleştirerek ürün özelliklerini görüntüleyip satın alma işlemi gerçekleştirebilmektedir. Pazarlama alanında büyük bir öneme sahip olan artırılmış gerçeklik ile müşteriye sanal dünya üzerinden alışveriş yapma imkânı verilebilmektedir. Bu proje ile firmaların hem teknolojiyi yakından takip etmeleri hem de ürünleri için farklı bir reklam çalışması yapmaları hedeflenmektedir.

Bu çalışma Unity oyun motoru kullanılarak artırılmış gerçeklik için Vuforia AR platformu kullanılmaktadır. Böylelikle hem IOS hem android tabanlı mobil cihazlarda çalışması hedeflenmektedir. Her geçen yıl cep telefonu kullanıcılarının sayısının artması mobil alışveriş uygulamalarının sayısını da artırmıştır. Mobil uygulamaların artış sebeplerinden birisi de uygulamalara kolay erişimdir. Android işletim sistemine sahip cihazlar için Play Store uygulaması ve IOS’a sahip cihazlar içinde App Store uygulamasından bütün uygulamalara kolaylıkla erişim sağlanabildiği için mobil alana yönelmek firmaların tercih sebeplerinden biri olmuştur.

2.YÖNTEM VE ARAÇLAR

Sistemin tasarlanmasında artırımlı geliştirme (Incramental Development) süreci izlenmiştir. Artırımlı geliştirme süreci, sistemin her sürümü bir önceki sürümünü kapsayacak ve giderek artacak sayıda işlev içerecek şekilde geliştirilmesidir. Artırımlı geliştirme modeli uzun zaman alabilecek ve sistemin eksik işlevlikle çalışabileceği türdeki projeler için uygundur.

Projenin geliştirme sürecinde test ve geliştirme işlemleri paralel olarak gerçekleştirildiği için artırımlı geliştirme süreci tercih edilmiştir. Bu kapsamda öncelikli olarak sistem gereksinimleri belirlenmiştir. Sistemin geliştirilmesinde aşağıda açıklanan araçlardan yararlanılmıştır.

2.1.1.Vuforia SDK

Vuforia , artırılmış gerçeklik uygulamalarının oluşturulmasını sağlayan mobil cihazlar için artırılmış gerçeklik yazılım geliştirme kitidir (SDK). Düzlemsel görüntüleri (Görüntü Hedefleri) ve kutular gibi basit 3B nesneleri gerçek zamanlı olarak tanımak ve izlemek için bilgisayar görme teknolojisini kullanır. Bu görüntü kaydı özelliği, geliştiricilerin bir mobil cihazın kamerasıyla görüntülendiklerinde, 3D modeller ve diğer medya gibi sanal nesneleri gerçek dünya görüntüleri ile ilişkilendirerek konumlandırmasını ve yönlendirmesini sağlar. Sanal nesne daha sonra görüntünün konumunu ve oryantasyonunu gerçek zamanlı olarak izler, böylece izleyicinin bakış açısı nesnede, Görüntü Hedefi perspektifine karşılık gelir. Böylece sanal nesnenin gerçek dünya sahnesinin bir parçası olduğu anlaşılır.

Vuforia, C++, Java, Objective-C++ (C ++ ve Objective-C sözdiziminin bir kombinasyonunu kullanan bir dil) ve .NET dillerini Unity oyun motorunun bir uzantısı aracılığıyla Uygulama Programlama Arabirimleri (API) sağlar. Bu şekilde, SDK IOS ve Android için yerel geliştirmeyi desteklerken, Unity'de her iki platforma kolayca taşınabilir olan artırılmış gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesini de sağlar. Bu nedenle Vuforia kullanılarak geliştirilen AR uygulamaları, iPhone , iPad , Android telefonlar ve çalışan tabletler de dahil olmak üzere çok çeşitli mobil cihazlarla uyumludur.[11]

Yarım milyondan fazla geliştiricinin kullandığı Vuforia SDK gelişmiş bilgisayar görüşü, kalibre edilmiş performans ve platformlar arası erişim imkanından dolayı en çok tercih edilen AR kütüphanesidir. Hem Android hem IOS platformunu desteklemektedir. Bu yüzden uygulama için Vuforia tercih edilmiştir.

2.1.2.Unity Oyun Motoru

Unity 2D ve 3D oyunlar yapmayı sağlayan bir oyun motorudur. Çok oyunculu bir oyun motoru olan Unity bu alanda tanınmış birçok cihazın çok daha hızlı bir şekilde kullanımına olanak sağlar.

Proje Unity oyun motoru üzerinde geliştirilmiştir. Vuforia Engine ile kolay erişim sağlayabilen bir platform olduğu için bu oyun motoru tercih edilmiştir. Unity aynı zamanda Android işletim sistemi, IOS, Windows, Linux, Oculus VR, Gear VR, Android TV, Playstation, Web, Xbox gibi platformları da desteklemektedir. Proje artırılmış gerçeklikle yapılan bir android uygulaması olacağı için bu motor tercih sebebi olmuştur.

2.1.3.Photoshop

Photoshop piksel tabanlı resim işleme programıdır. Proje içersinde kulanılacak olan reklam panolarının yapılması için kullanılacaktır. Adobe Photoshop CS6 kullanılmıştır.

2.1.4.Visual Studio 2017

Microsoft Visual Studio, Microsoft tarafından geliştirilen bir tümleşik geliştirme ortamıdır (IDE). Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows CE, .NET Framework, .NET Compact Framework ve Microsoft Silverlight tarafından desteklenen tüm platformlar için yönetilen kod ile birlikte yerel kod ve Windows Forms uygulamaları, web siteleri, web uygulamaları ve web servisleri ile birlikte konsol ve grafiksel kullanıcı arayüzü uygulamaları geliştirmek için kullanılır.

Entegre hata ayıklayıcı, hem kaynak-seviyesinde hem de makine seviyesinde çalışır. Diğer yerleşik araçlar, GUI uygulamaları, web tasarımcısı, sınıf tasarımcısı ve veritabanı şema tasarımcısı yaratabilmek için bir form tasarımcısı içerir. Hemen hemen her işlevsellik düzeyinde dâhil olmak üzere, kaynak kontrol sistemleri için destek (Subversion ve Visual SourceSafe gibi) sunan eklentileri kabul eder.

Visual Studio, değişik programlama dillerini destekler, bu da kod editörü ve hata ayıklayıcısının neredeyse tüm programlama dillerini desteklemesini sağlamaktadır. Dahili diller C/C++, VB.NET, C#, ve F# içermektedir.[12]

Visual Studio’nun Unity oyun motoruyla kolay entegre edilebilmesi ve C# dilini desteklemesinden dolayı proje de Visual Studio kullanılmıştır.

2.1.5.C# Programlama Dili

C#, Microsoft tarafından geliştirilmiş olan bir programlama dilidir. C# programlama dili ile konsol uygulaması, Windows uygulaması, ASP.NET uygulaması, web servisleri yazma, mobil uygulamaları (PDA, cep telefonları vb. için) geliştirilebilmektedir. [13]

Projede kullanılacak olan Unity Engine kütüphanesi C# dilinde yazıldığından dolayı bu dil kullanılmıştır.

3.SHOPPING AR

Shopping AR artırılmış gerçeklik teknolojisi ile yapılmış bir alışveriş uygulamasıdır. Bu uygulamada amaç caddede, sokakta veya otobüste ki reklam afişlerinde bulunan ürünleri anında satın almaktır. Böylelikle indirimde olan bir

ürünün reklamı görüldüğünde stokta tükenmeden ve görülen reklam unutulmadan alışveriş gerçekleştirilmiş olacaktır. Bu kısımda Shopping AR projesinin geliştirme aşamaları ve geliştirme sonucunda ortaya çıkan sonuçlar gösterilmektedir.

3.1.Reklam Örneklerinin Oluşturulması

Proje firmaların caddelerde ki reklam panolarında veya otobüslerde gösterilmek üzere hazırlamış oldukları görseller için geliştirilmeye karar verilmiştir. Fakat bu proje için görselleri geliştirici tasarlayacaktır.

Tasarım için Adobe Photoshop CS6 kullanılmıştır. Program çalıştırılıp yeni bir proje oluşturulmuştur. Birkaç ürün örneği seçilerek 3 farklı reklam afişi hazırlanmıştır. Bu görseller aşağıda gösterilmektedir.

Şekil 4.1.1. Reklam afişi çalışması 1

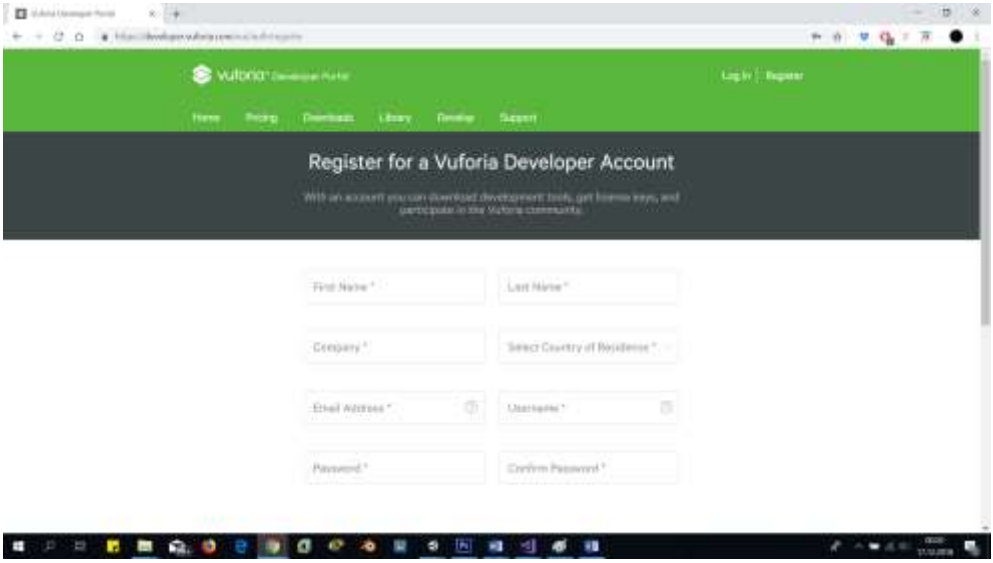
Şekil 4.1.2. Reklam afişi çalışması 2

Şekil 4.1.3. Reklam afişi çalışması 3

Yukarıda ki 3 görsel üzerinden proje geliştirilmiş olup testler de bu görseller üzerinden gerçekleştirilmiştir.

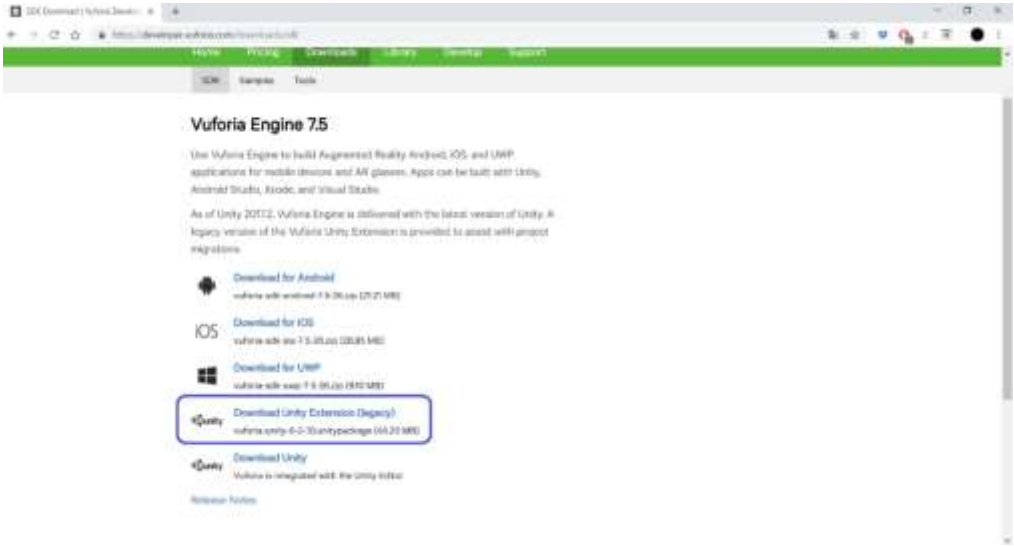
3.2.Vuforia'nın Projeye Eklenmesi

Sistemde Unity 3D'nin 2017.3.1f1 sürümü yüklü olduğundan dolayı Vuforia SDK kurulumu yapılacaktır. developer.vuforia.com üzerinden bir kayıt oluşturmak gerekmektedir.



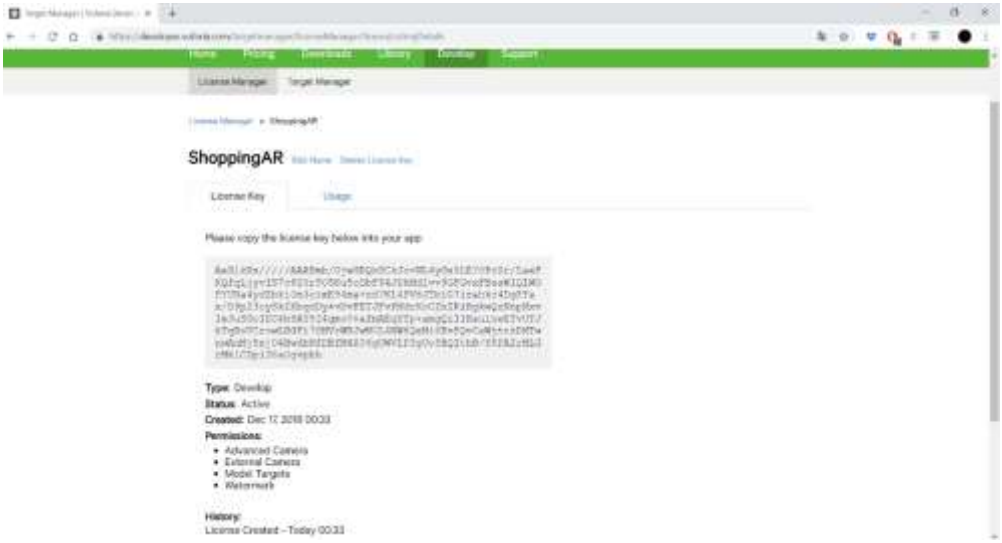
Şekil 4.2.1. Vuforia kayıt ekranı görüntüsü

Kayıt tamamlandıktan sonra https://developer.vuforia.com/downloads/sdk adresinden "Download Unity Extension (legacy)" indirilir. Bu eklenti Vuforia'nın Unity ile entegrasyonunu sağlamaktadır.



Şekil 4.2.2. Vuforia indirme ekranı görüntüsü

Eklenti Unity oyun motoruna dâhil edildikten sonra Vuforia developer sayfasında Develop sekmesine geçip License Manager'dan uygulama ismiyle proje oluşturup lisans anahtarını kopyalayarak ve Unity oyun motoru içerisinde Vuforia Configuration sekmesinde License Key alanına yapıştırılması gerekmektedir. Bu lisans anahtarı Unity üzerinde bu uygulamanın çalışmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.2.3. Vuforia lisans anahtarı oluşturma ekranı görüntüsü

Oluşturulan lisans anahtarı projeye eklendikten sonra projede kullanılacak veritabanı oluşturmak için Target Manager menüsü seçilip yukarıda ki başlıkta gösterilen reklam çalışmaları veritabanına eklenmiştir. Oluşturulan veritabanı indirilerek projeye entegre edilmiştir.

Şekil 4.2.4. Unity içerisinde Vuforia Configuration sekmesi

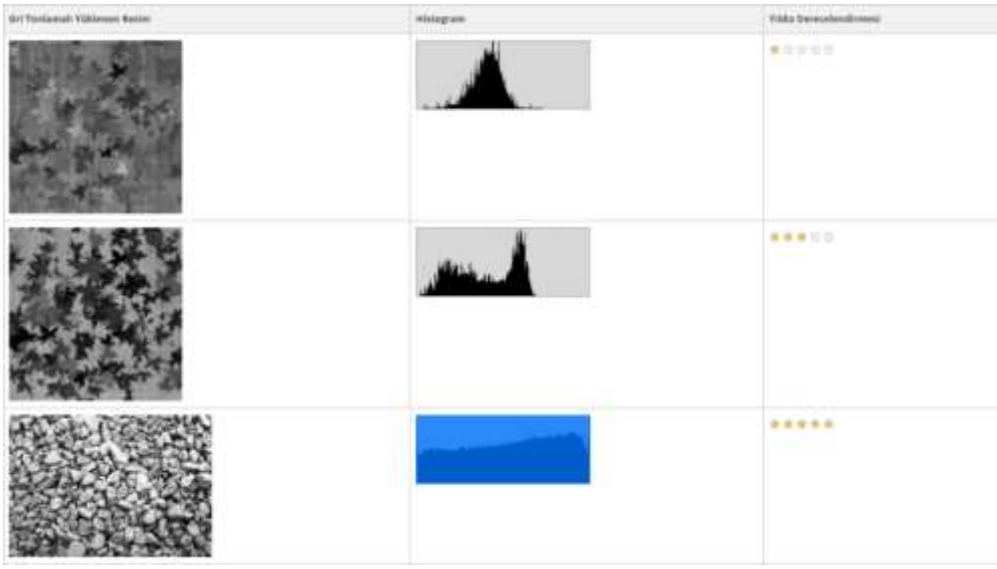
Unity içerisine dâhil edilen veritabanı Vuforia Configuration sekmesinden aktif edilmiştir. Artık uygulama içerisinde kullanılmaya hazır bulunmaktadır.

3.3.Görüntü Tanıma

Vuforia, kameranın görebileceği hedefin kontrast temelli özelliklerini analiz ederek hedefleri tanıyabilmektedir. Veritabanına ekleyip uygulama içinde kullanılan görüntüler kameradan gösterilen görüntü ile gerçek zamanlı bir tarama gerçekleştirir. Bu işlemin daha kaliteli olmasını sağlamak için zengin detaylı, iyi kontrasta sahip ve tekrarlamayan modellerden oluşan hedefler kullanmak gerekmektedir. Hedef taraması yapılırken görüş açısı büyük önem taşımaktadır. Hedefe eğik bir açıyla veya çok dik bakmaya çalışmak hedefi bulamamakla sonuçlanmaktadır.

Vuforia, tanıma ve izleme için kullanılabilecek özellikleri tanımlamak için hedef resmin gri tonlamalı bir sürümünü kullanmaktadır. Görüntünün genel kontrastı düşükse ve görüntünün histogramı dar ve sivri ise, iyi bir hedef görüntü oluşmayacaktır. Bu faktörler, görüntünün birçok kullanılabilir özelliği

göstermediğini gösterir. Ancak, histogram geniş ve düzse, resmin iyi bir kullanışlı özellik dağılımı içerdiğini göstermektedir.



Şekil 4.3.1. Gri tonlamalı görüntü ve histogramları (www.library.vuforia.com)

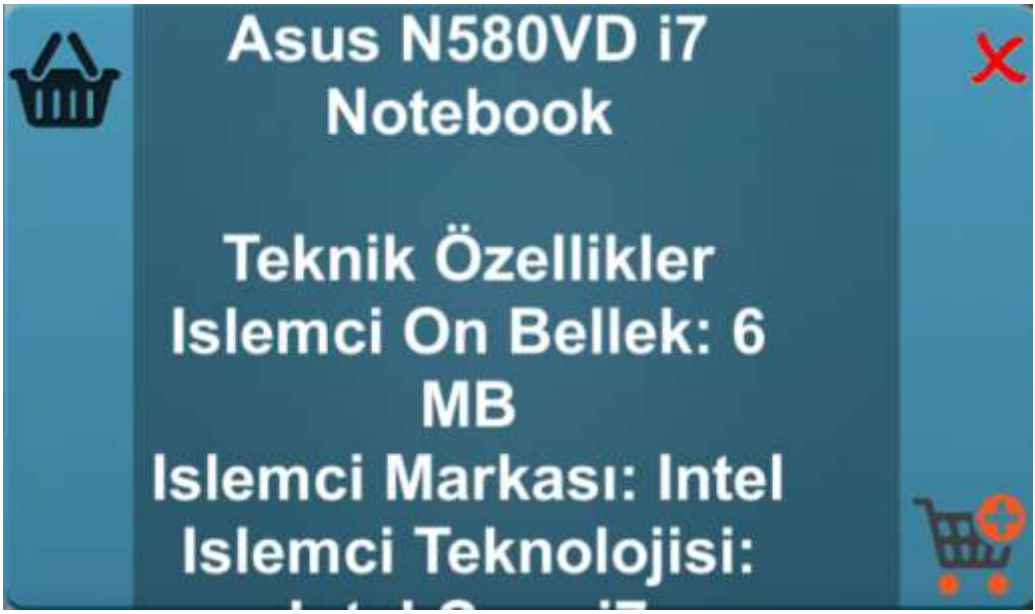
3.4.Görüntü Üzerinden Ürün İçeriklerine Erişim

Uygulama başlatıldığında kamera açılıp görüntü tarama işlemi başlamaktadır. Veritabanında bulunan görüntülerle kameradan gelen görüntü eşleştiğinde görüntü üzerine bir buton eklenmektedir. Bu buton sayesinde görüntü üzerinde ki ürün hakkında açıklama sayfası açılmaktadır. Görüntü tanıma işlemi gerçekleşmeden önce ve görüntü tanıma işlemi gerçekleştikten sonrası aşağıda görülmektedir.

Şekil 4.4.1 Görüntü tarama işlemi gerçeklemeden öncesi

Şekil 4.4.2 Görüntü tarama işlemi gerçekleştikten sonra

Görüntü tanıma işlemi gerçekleştikten sonra reklam üzerinde görünen detay butonuna basarak ürün hakkında bilgi edinilebilmektedir. Detay ekranına ait görsel Şekil 4.4.3'de gösterilmektedir.

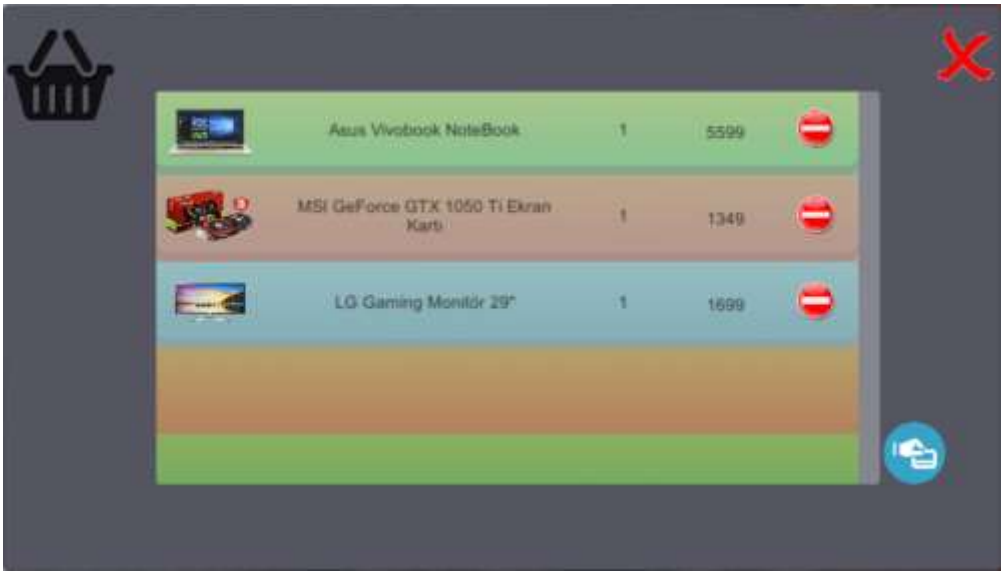


Şekil 4.4.3 Detay ekranı

Detay görüntüleme sayfasında bulunan sepete ekleme butonuyla(Şekil 4.4.3 sağ altta bulunan buton) ürün sepete eklenebilir ve sol üste bulunan sepet simgesiyle(Şekil 4.4.3 sol üstte bulunan buton) de sepetteki ürünler listelenebilmektedir.

3.5.Satın Alma Ekranı

İçerik görüntülendikten sonra açılan pencerede sepete ekle butonuna tıklanarak ürün sepete eklenmektedir. Sepet butonuyla da sepetinde ki ürünleri görüntüleyip ödeme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Sepetteki ürünlere ait uygulama geliştirme ekranından bir görüntü Şekil 5.5.1'de gösterilmektedir.



Şekil 5.5.1 Sepetteki ürünler ekranından görüntü

4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmanın amacı artırılmış gerçeklik teknolojisini pazarlama alanında kullanarak insanların dikkatini çekmeyi sağlamaktır. Firmaların vermiş olduğu reklamlar üzerinden de alışveriş yapılabilmesinin firmaya büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmaya, insanların artırılmış gerçekliğe merakı ve günlük hayatta sıklıkla yapılan bir işlev olan alışveriş sebep olmuştur. Uygulama birçok firmanın aynı anda reklamlarını tanıyabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede bir uygulama üzerinden birçok firma ile anlaşma yapılabilmektedir.

Proje, ilerleyen zamanlarda reklam bulunan yerler için uygulama sahiplerinin GPS'lerinden alınan verilere göre yakınlarındaki reklamlar hakkında bildirim gönderen bir uygulama haline getirilebilir.

Görüntü tanıma işlemi yapıldıktan sonra reklam üzerinde bulunan ürünün 3 boyutlu modellemesi de eklenerek incelenmesi sağlanabilir. Bu model üzerinde yakınlaştırma yapılarak ürün özellikleri model üzerinden okunabilir.

KAYNAKÇA

[1] Buse Avcıoğlu, “Markaların Artırılmış Gerçeklik Kampanyaları”[Çevrimiçi]. Available: https://digitalage.com.tr/markalarin-artirilmis-gerceklik-kampanyalari/[Erişildi: 16 Aralık 2018].

[5] H. Altınpulluk, *Artırılmış Gerçekliği Anlamak: Kavramlar ve Uygulamalar*, Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, 2015

[6] T. İçten ve G. Bal, *Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Üzerine Yapılan Akademik Çalışmaların İçerik Analizi*, Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Bölümü, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, 2017.

[7] T. İçten ve G. Bal, *Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi*, Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Bölümü, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, 2017.

[10] D. Kaleci, T.D. Demirel, İ. Akkuş, *Örnek Bir Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Tasarımı*, İnönü Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi.

[11] İnternet: Vuforia Augmented Reality SDK. URL: http://www.wikizeroo.net/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvVnVmb3JpYV9BdWdtZW50ZWRfUmVhbGl0eV9TREs, Son Erişim Tarihi: 16.12.2018

[12] İnternet: Microsoft Visual Studio. URL: http://www.wikizeroo.net/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvTWljcm9zb2Z0X1Zpc3VhbF9TdHVkaW8, Son Erişim Tarihi: 16.12.2018

[13] İnternet: C Sharp Programlama Dili/ C Sharp Hakkında Temel Bilgiler. URL:
https://tr.wikibooks.org/wiki/C_Sharp_Programlama_Dili/C_Sharp_hakk%C4%B1nda_temel_bilgiler, Son Erişim Tarihi: 16.12.2018

INFORMATION SECURITY IN SMART CITIES

Murat Dener*
** Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Computer Science and Engineering, Ankara, Turkey*
E-mail: muratdener@gazi.edu.tr

Abstract: Smart cities are cities that are making people's lives easier and developing living standards. According to many institutions or organizations, the concept of smart city is different. In this regard, hundreds of studies are being done by states, companies, researchers, etc. Smart transportation, smart environment, smart governance, smart economy, smart health, smart industry, smart life systems are located in smart cities. Smart systems are developed using IoT technologies and all of these systems constitute the smart city concept. On the basis of all smart systems, there is a decision-making process by obtaining the data needed and analyzing from the data obtained. In this process, the security of the data is of great importance. In recent years, the concept of security in Smart cities has come to the forefront. A lot of security work has been done to get rid of the risk of damaging the entire city due to the intensity of the information gained and the destruction of the information. The study will provide the most up-to-date perspective on the security in smart cities.

Keywords: Information Security, Smart Cities, IoT Technologies

Introduction

Today, the technologies in cities are increasing rapidly. These technologies are inevitable since the majority of people in limited square meters increase. Otherwise, life in the city becomes difficult and security risks occur. It is possible with this technologies for people to live more comfortably, to solve their routine tasks more easily and to reduce the expenses of institutions. For example, when a smart grids are considered, the end-to-end control of the energy will be provided and the loss-leaks occurring can be detected instantly. These systems are ideal systems for good management as well as for detecting errors. As the power of these systems increases, security increases at the same rate. Therefore, it is necessary to ensure both physical and logical security of all systems in the smart city.

In this study, information security in smart cities is explained. In the second part, smart cities and systems are mentioned, and the studies about security are explained in the third section. In the last section, the results of the study are included.

Smart Cities

The smart city is the city that takes the necessary data with internet of things technologies from the city and can make meaningful decisions by producing analysis from these data.

In smart cities, there are many smart systems (Libelium, 2019). These are, Smart parking, Noise urban maps, Smart lighting, Smart roads systems in Smart Cities, Air pollution, Forest fire detection systems in Smart Environment, Smart grid, Tank level systems in Smart Metering, Perimeter access control, Radiation levels systems in Security&Emergencies, Potable water monitoring, Pollution levels in the sea systems in Smart Water, Supply chain control, smart product management systems in Retail Quality of shipment conditions, Fleet tracking systems in Logistics, M2M application, Indoor air quality, Temperature monitoring systems in Industrial Control, Green houses, Meterological station network systems in Smart Agriculture, Animal tracking systems in Smart Animal Farming, Energy and water use, Remote control appliances systems in Domotic & Home Automation, Fall detection, Patients surveillance systems in Smart Health.

All of these systems require security. Otherwise, a malicious user can take control of the city or a particular system.

Security in Smart Cities

In recent years, the concept of security in Smart cities has come to the forefront. A lot of work has been done to get rid of the risk of damaging the entire city due to the intensity of the information gained and the destruction of the information.That's why there is a separate section for security. These studies are given below.

The authors (Khan et al., 2017) suggest a secure framework for smart cities. First, a comprehensive partner list was created with the onion model approach. In this model, an end-to-end security-privacy service is offered. The developed framework is reported to provide the following features: confidentiality, encryption, authentication, access control, authorization, security, privacy, trust.

The authors (Garcia et al., 2017) have done a study for people's perception of security cameras to increase security in smart cities.IP cameras can provide security but need people.With the method of analyzing camera images via Computer Vision, relevant operations can be performed without human need.With the method, people in the camera images are detected.Accuracy is important during detection.

The authors (Qiu et al., 2017) have implemented the RSA algorithm on sensor nodes used in smart cities.In sensor nodes that compose wireless sensor networks frequently used in smart cities, encryption is done.An MSP430 microcontroller-based RSA algorithm has been implemented and it is stated that a secure-performance solution is achieved.

The authors (Sun et al., 2017) have used homomorphic encryption to implement secure medical accounting in smart cities.It has been noted that it carries a wide range of privacy concerns for personal health information.In addition, three typical safe medical calculations are described, including mean heart rate, long QT syndrome detection, and chi-square tests.

The authors (He et al., 2017) have proposed anonymous identity-based encryption technology for the smart city information system.It is stated that the confidentiality of information and identity are provided.

The authors (Lai et al., 2017) have proposed completely privacy-protected and identity-based broadcast encryption for data access control in smart cities.They state that the data is safely protected and that only authorized users can access the data.

The authors (de Fuentes et al., 2017) are evaluating credentials for traffic services in smart cities. The use of Attribute-Based Identity Information techniques in an instrumental context is explored. Idemix, U-Prove and VANET were evaluated from these techniques and they emphasized that Idemix is the most promising technique.

The authors (Zang et al., 2017) propose a dynamic remote data control protocol developed for smart city security. They have indicated that such protocols are unsafe. They have shown the reliability of the protocol developed by the algebraic signature technique.

The authors (Luo et al., 2017) recommend privacy-based, identity-based file sharing in a smart city. Suggested sharing includes file privacy, file integrity, receiver privacy, and sender privacy.

The authors (Fan et al., 2017) recommend a proxy-aided access control scheme for smart cities. The encryption method based on the encrypted text policy attribute is used to perform access control of the cloud data.

The authors (Wu et al., 2017) recommend a secure public data audit scheme for cloud storage in smart cities.

The authors (Baig et al., 2017) talked about cyber security and digital forensics, which are the future challenges for smart cities. It has been stated that the security, confidentiality, integrity of the data in the cloud should be ensured and that these data must be protected. During a forensic investigation, they said that evidence from smart city data could be used.

The authors (Xiao et al., 2017) have proposed an event-driven focus service method that uses cyber-physical infrastructures for emergency response in smart cities. With this service management, they stated that quick response will be obtained in public emergency situations. The proposed method has been used in a gas leak application in China.

The authors (Shen et al., 2017) have developed cloud data storage control protocolto provide effective and high security for smart cities. It is stated that the developed protocol can resist fraud and reduce the calculation burden.

The authors (Khatoun et al., 2017) have proposed cyber security and privacy solutions in smart cities.

The authors (Abreu et al., 2017) see Cloud Computing and IOT as the cornerstone of smart cities. They emphasize the need to maintain the robustness of the services that are embedded in the infrastructure of information and communication technologies that link the Smart Objects and services within the IOT. The key point to be addressed by new communication approaches is the possibility of establishing networks and services without human intervention in case of failure. In this context, they propose a new architecture to increase the durability level of the Internet infrastructure.

The authors (Beltran et al., 2017) recommend an ARM-compliant architecture for user privacy in smart cities.

The authors (Won et al., 2017) have proposed cryptographic protocols for the drones used in smart cities. In the proposed protocol, mobility and limited drone batteries and limited resources of smart objects are considered.

The authors (Zhang et al., 2017) have done research on security and privacy in smart city applications. As a result of the research, Challenges and Solutions are mentioned.

Conclusions

In this study, the need for information security in smart cities is explained. Studies on security in smart cities are described and current security measures are mentioned. Thus, not only very good performance is expected in smart cities, but also high security measures are expected.

References

Abreu D.P, Velasquez K, Curado M, Monteiro E (2017). A resilient Internet of Things architecture for smart cities, Annals of Telecommunications, 72(1-2), 19-30.

Baig Z.A, Szewczyk P, Valli C, Rabadia P, Hannay P, Chernyshev M, Johnstone M, Kerai P, Ibrahim A, Sansurooah K (2017). Future challenges for smart cities: Cyber-security and digital forensics, Digital Investigation, 22, 3-13.

Beltran V, Skarmeta A.F, Ruiz P.M (2017). An ARM-Compliant Architecture for User Privacy in Smart Cities: SMARTIE-Quality by Design in the IoT, Wireless Communications & Mobile Computing, DOI: 10.1155/2017/3859836.

de Fuentes J.M, Gonzalez-Manzano L, Serna-Olvera J, Veseli F (2017). Assessment of attribute-based credentials for privacy-preserving road traffic services in smart cities, Personal and Ubiquitous Computing, 21(5), 869-891.

Fan K, Wang J.X, Wang X, Yang Y.T (2017). Proxy-assisted access control scheme of cloud data for smart cities, Personal and Ubiquitous Computing, 21(5), 937-947.

Garcia C.G, Meana-Llorian D, G-Bustelo B.C.P, Lovelle J.M.C, Garcia-Fernandez N (2017). Midgar: Detection of people through computer vision in

the Internet of Things scenarios to improve the security in Smart Cities, Smart Towns,and Smart Homes, Future Generation Computer Systems-The International Journal of Escience, 76, 301-313.

He K, Weng J, Mao Y.J, Yuan H.Q (2017). Anonymous identity-based broadcast encryption technology for smart city information system, Personal and Ubiquitous Computing, 21(5), 841-853.

Khan Z, Pervez Z, Abbasi A.G (2017). Towards a secure service provisioning framework in a Smart city environment, Future Generation Computer Systems-The International Journal of Escience, 77, 112-135.

Khatoun R, Zeadally S (2017). Cybersecurity and Privacy Solutions in Smart Cities, IEEE Communications Magazine, 55(3), 51-59.

Lai J.C, Mu Y, Guo F.C, Susilo W, Chen R.M (2017). Fully privacy-preserving and revocable ID-based broadcast encryption for data access control in smart city, Personal and Ubiquitous Computing, 21(5), 855-868.

Libelium Sensor Applications (2019), Internet, http://www.libelium.com/resources/top_50_iot_ sensor_applications_ranking.

Luo X.L, Ren Y.L, Hu J.K, Wu Q.H, Lou J.G (2017). Privacy-preserving identity-based file sharing in smart city, Personal and Ubiquitous Computing, 21(5), 923-936.

Qiu L.R, Liu Z, Pereira G.C.C.F, Seo H (2017). Implementing RSA for sensor nodes in smart cities, Personal and Ubiquitous Computing, 21(5), 807-813.

Shen J, Liu D.Z, Liu Q, He D.B.A, Sun X.M (2017). An Enhanced Cloud Data Storage Auditing Protocol Providing Strong Security and Efficiency for Smart City, Journal of Information Science and Engineering, 33(4), 923-938.

Sun X.Q, Zhang P, Sookhak M, Yu J.P, Xie W.X (2017). Utilizing fully homomorphic encryption to implement secure medical computation in smartcities, Personal and Ubiquitous Computing, 21 (5), 831-839.

Won J, Seo S.H, Bertino E (2017). Certificateless Cryptographic Protocols for Efficient Drone-Based Smart City Applications, IEEE Access, 5, 3721-3749.

Wu L.B, Wang J, Kumar N, He D.B (2017). Secure public data auditing scheme for cloud storage in smart city, Personal and Ubiquitous Computing, 21(5), 949-962.

Xiao C.J, Chen N.C, Gong J.Y, Wang W, Hu C.B, Chen Z.Q (2017). Event-Driven Distributed Information Resource-Focusing Service for Emergency Response in Smart City with Cyber-Physical Infrastructures, Isprs International Journal of Geo-Information, 6(8), DOI: 10.3390/ijgi6080251.

Zang L, Yu Y, Xue L, Li Y.N, Ding Y.J, Tao X.L (2017). Improved dynamic remote data auditing protocol for smart city security, Personal and Ubiquitous Computing, 21(5), 911-921.

Zhang K, Ni J.B, Yang K, Liang X.H, Ren J, Shen X.M (2017). Security and Privacy in Smart City Applications: Challenges and Solutions, IEEE Communications Magazine, 55(1), 122-129.

AĞ VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİNDE ÇAPRAZ ETKİNLİK YAKLAŞIMI

H. Hasan Örkcü*

**Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, 06500, Beşevler, Ankara*

E-mail: hhorkcu@gazi.edu.tr

Volkan Soner Özsoy**

***Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, 06500, Beşevler, Ankara*

E-mail: volkansoner@gazi.edu.tr

Mediha Örkcü***

****Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü, 06500, Beşevler, Ankara*

E-mail: medihaakcay@gazi.edu.tr

Özet: Veri Zarflama Analizi (VZA), birden fazla çıktıyı üretmek için birden fazla girdi kullanan karar verme birimlerinin göreli etkinliğini ölçmek için doğrusal programlama tekniğine dayanan bir performans değerlendirme yöntemidir. Çapraz etkinlik yöntemi ise birimlerin performansını sıralamak için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Hem akran değerlendirme hem de öz değerlendirme kullanılarak farklı hedeflerle bazı çapraz etkinlik modelleri önerilmiştir. Bu çalışmada, birimlerin etkinliklerinin değerlendirilmesinde iç süreçlerini de dikkate alan Ağ VZA modellerinde çapraz etkinlik yaklaşımları tanıtılmış ve gerçek bir dünya problemi üzerinde modellerin uygulaması gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi; çapraz etkinlik; Ağ VZA

Giriş

Klasik Veri Zarflama Analizinin (VZA) temel CCR modeli ve varyasyonları Karar Verme Birimlerin (KVBlerin) içyapısını görmezden gelir ve her KVB'yi çıktı üretmek için girdi kullanan bir “kara kutu” olarak görür. Bu durum yanıltıcı sonuçlar doğurabilir; yani, sistem etkin durumda iken, sistemin tüm alt aşamaları etkin olmayan durumda olabilir. KVB’lerin iç ağ yapıları ile modellenmesi VZA çalışmalarında son zamanlarda yapılan araştırmaların önemli bir alanı olmuştur (Petridis ve diğ., 2019; Örkcü ve diğ., 2019). Tek aşamalı süreçle yapılan klasik VZA çalışmalarının aksine, iki aşamalı işlemlerin veya genel olarak ağ yapılarının analizi, KVB'lerin içyapısının performans değerlendirmesini iki aşamalı modelleme ile incelemeyi mümkün kılar.

İki aşamalı süreçlerde, KVB'lerin sistemin genelinde ve alt aşamalarında sıralanması ve daha gerçekçi ağırlık şemalarının elde edilmesi, tek aşamalı klasik VZA modellerine benzer çok bilimsel zorluklardır. KVB'lerin sıralanması VZA literatüründe büyük bir sorundur ve bu sorunun çözümü için tek aşamalı VZA modellerinde çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. KVB'leri ayırt etmedeki bu yetersizliğin üstesinden gelmek ve gerçekçi olmayan ağırlıklandırma şemalarını ortadan kaldırmak için, çapraz etkinlik değerlendirme kavramı Sexton ve ark. (1986) ve Doyle ve Green (1994, 1995) tarafından geliştirilmiştir. Çapraz etkinlik değerlendirmesi, her KVB için yalnızca kendi ağırlıkları yerine tüm KVB'lerin ağırlıklarını değerlendiren bir eş değerlendirme yapar. Belirli bir KVB için çapraz etkinlik skoru, tüm KVB'ler tarafından sağlanan ağırlık profilleri ile elde edilen çapraz etkinlik skorlarının ortalaması olarak hesaplanır ve bu nedenle bu skorlar KVB'leri sıralamak için kullanılabilir. Çapraz etkinlik değerlendirmesi, KVB'leri sıralama ve ağırlık kısıtlamaları gerektirmeden gerçekçi olmayan ağırlık şemalarını ortadan kaldırma gibi öne çıkan özelliklere sahiptir (Anderson ve diğ., 2002). Klasik tek aşamalı VZA süreci için çok sayıda çapraz etkinlik yaklaşımı geliştirilmiştir (Doyle ve Green, (1994, 1995); Wang ve Chin (2010a), Wang ve Chin, K. S. (2010b), Ramón ve diğ. (2010), Wang ve Chin (2011), Örkcü ve Bal (2011), Wang ve diğ. (2011), Oukil ve Amin (2015), Khodabakhsh ve Aryavas, 2017, Liu (2018)).

Sıralama ve gerçekçi olmayan ağırlık şemaları sorunları için tek aşamalı sistemlerde çok sayıda yaklaşım olmasına rağmen, iki aşamalı modellerde sınırlı sayıda çalışma vardır. Bu çalışmada iki aşamalı VZA süreci için geliştirilen çapraz etkinlik yaklaşımları sunulmakta ve gerçek bir veri seti üzerinden yöntemlerin uygulaması gösterilmektedir.

Klasik Veri Zarflama Analizi ve Çapraz Etkinlik Değerlendirmesi

VZA, çoklu girdi ve çıktılara sahip KVB'lerin göreli etkinliğini ölçmek ve karşılaştırmak için geliştirilmiş doğrusal programlama tabanlı popüler bir yaklaşımdır (Charnes ve diğ., 1978). VZA yöntemi ile etkin çalışan birimler belirlenebildiği gibi, etkin olmayan birimler için de girdilerindeki fazlalıkları ve çıktılarındaki eksiklikleri belirleyerek performans seviyelerini nasıl artırabilecekleri hususunda karar vericilere yol gösterebilir.

Bir KVB'nin etkinlik değeri çıktı değerinin girdi değerine oranı olarak tanımlanabilir ve bu değer en fazla 1 ile sınırlandırılmıştır. m girdilerin sayısını ve s çıktıların sayısını göstermek üzere x_{ij} $(i = 1, \ldots, m)$ ve y_{rj} $(r = 1, \ldots, s)$ sırasıyla KVB_j $(j = 1, \ldots, n)$ için girdi ve çıktı değerlerini temsil etsin. Her KVB'nin x_{ij} girdilerini kullanıp y_{rj} çıktılarını ürettiği varsayılmaktadır. u_r ve v_i, r-inci çıktı ve i-nci girdiye atanan ağırlık olmak üzere KVB_k için etkinlik değeri $E_k = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk} / \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik}$ ile hesaplanır.

k-ıncı birim için temel CCR modeli (1) ile verilmektedir.

$$E_k = max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik} = 1 \qquad (1)$$

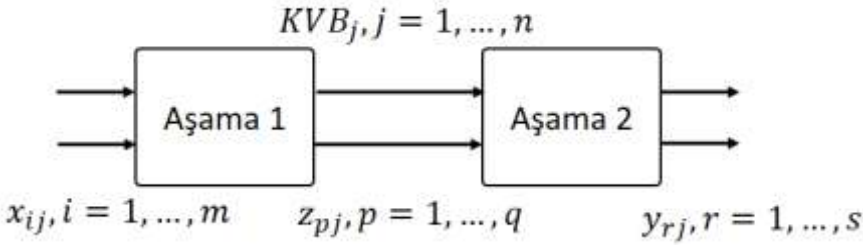
$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 1, \quad j = 1,2,\dots,n$$

$$u_r, v_i \geq 0; r = 1,\dots,s;\ i = 1,\dots,m$$

$E_k^* = 1$ olarak elde edilirse KVB_k etkin olarak isimlendirilir. $E_{kj} = \sum_{r=1}^{s} u_{rk}^* y_{rj} / \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^* x_{ij}$ değeri KVB_k'nın en iyi ağırlıkları tarafından eddle edilen KVB_j'nin çapraz etkinlik skoru olarak isimlendirilir ve KVB_j'nin eş değerlendirmesini (peer-evaluation) yansıtır $(j = 1,\dots,n)$. Çapraz Etkinlik Matrisindeki E_{kj} elemanları KVB_k'nın optimal ağırlıkları ile elde edilen KVB_j etkinlik skorlarıdır. Matrisin köşegen elemanları her birimin kendi öz etkinlik skorudur (self-evaluated efficiency, $E_k^* = \sum_{r=1}^{s} u_{rk}^* y_{rk}$). KVB_j'nin çapraz etkinlik skoru tüm E_{kj} değerlerinin ortalamasıdır ($\overline{E_j} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} E_{kj}$ $(j = 1,\dots,n)$).

İki Aşamalı Üretim Sistemi

Çoğu üretim süreci Şekil 1'de verilen iki aşamalı bir üretim süreci yapısında olabilir. Burada $x_{ij}, (i = 1,\dots,m)$, $z_{pj}, (p = 1,\dots,q)$ ve $y_{rj}, (r = 1,\dots,s)$ sırasıyla girdiler, ara ürünler ve çıktıları simgelemektedir. Her KVB ilk aşamada girdileri (x_{ij}) kullanır ve çıktılar (z_{pj}) üretir. İlk aşamadaki bu çıktılar ikinci aşamadaki girdiler (z_{pj}) haline gelir. Bu nedenle, ikinci aşama bu ilk aşama çıktılarını kendi çıktılarını üretmek için kullanır (y_{rj}).



Şekil 1. İki aşamalı sistemin gösterimi

İki aşamalı üretim sürecini dikkate alan çok çeşitli uygulamalar yapılmıştır. Örneğin, bankacılık işlemleri iki aşamalı olarak değerlendirilirse, aşamalar karlılık ve pazarlanabilirlik olarak adlandırılabilir. Bankalar genellikle karlılık aşamasında mevduat üretmek için emek ve varlıkları, kredi geliri elde etmek için kullanılan mevduatları kullanmaktadır. Seiford ve Zhu (1999) ABD ticari bankalarının performansını bankacılık işlemleri karlılığı ve pazarlanabilirlik alt aşamalarında değerlendirebilmek için iki aşamalı VZA modellemesini kullanmıştır. Bu çalışmada, karlılığı değerlendirirken işgücü ve varlıklar girdi olarak alınmış, kârlar ve gelirler çıktı olmuştur. Pazarlanabilirlik için ikinci aşamada, kâr ve gelir girdi olarak, piyasa değeri, hisse başına kazanç ve getiri çıktı olarak kullanılmıştır. Kao ve Hwang (2008), bazı Tayvan hayat dışı sigorta şirketlerini iki aşamalı prim kazanımı ve kar elde etme süreci ile ölçmüşlerdir. İlk aşama sigortanın pazarlanması ile karakterize edilirken, ikinci aşama yatırım ile karakterize edilmiştir.

Kao ve Hwang (2008, 2014) tarafından önerilen ve iki alt aşamanın da beraber değerlendirildiği model (2) ile verilmektedir. Bu modelden önce yapılan iki aşamalı VZA çalışmaları iki aşamayı ayrı ayrı tek aşamalı modeller ile çözerek etkinlikler elde etme üzerine kuruluydular.

İki aşamalı sistemler için k-ıncı KVB'nin genel sistem ve alt aşama etkinliklerini ölçmek için, toplam çıktının toplam girdiye eşit veya daha az olmasını gerektiren kısıtlama ile tanımlandığı (1) ile verilen temel CCR modeli gibi, Kao ve Hwang (2008, 2014) ilişkisel modeli, iki alt aşama için etkinlik skorlarının da 1'e eşit veya daha küçük olmasını sağlamaktadır.

$$E_k = \max \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik}}$$

Kısıtlar

$$\frac{\sum_{r=1}^{S} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\frac{\sum_{p=1}^{q} w_p z_{pj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \tag{2}$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{S} u_r y_{rj}}{\sum_{p=1}^{q} w_p z_{pj}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i, w_p \geq 0, , i = 1, \dots, m \quad r = 1, \dots, s \quad p = 1, \dots, q$$

Bu kesirli programlama problemi, doğrusal programlama problemine (3)'de verildiği gibi dönüştürülebilir.

$$E_k = \max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk}$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \tag{3}$$

$$\sum_{p=1}^{q} w_p z_{pj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{p=1}^{q} w_p z_{pj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i, w_p \geq 0, , i = 1, \dots, m \quad r = 1, \dots, s \quad p = 1, \dots, q$$

Üçüncü ve dördüncü kısıtlamaların toplamı, her KVB için ikinci kısıtlamaya eşit olduğundan, ikinci kısıtlama grubu gereksizdir ve ihmal edilebilir. u_r^*, v_i^*, w_p^* optimal çözümü elde edildiğinde, sistem etkinliği ve iki alt aşamanın etkinlikleri sırasıyla aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır.

$E_k^s = \sum_{r=1}^{S} u_r^* y_{rk} \,/\, \sum_{i=1}^{m} v_i^* x_{ik}$,

$E_k^1 = \sum_{p=1}^{q} w_p^* z_{pk} \,/\, \sum_{i=1}^{m} v_i^* x_{ik}$,

ve

$E_k^2 = \sum_{r=1}^{S} u_r^* y_{rk} \,/\, \sum_{p=1}^{q} w_p^* z_{pk}$.

Açıkça, sistem etkinliği iki alt sürecin (aşamanın) etkinliğinin çarpımıdır: $E_k^s = E_k^1 \times E_k^2$.

Kao ve Liu (2019) agresif çapraz etkinlik fikrini iki aşamalı VZA sürecine genişletmişlerdir. Bu model (4) ile verilmektedir.

$$max \sum_{j=1}^{n} \sum_{j \neq k}^{s} u_{rk} y_{rk} \tag{4}$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^{n}\sum_{j\neq k}^{m} v_{ik}x_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_{rk}y_{rk} = E_k^{(S)*} \sum_{i=1}^{m} v_{ik}x_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_{rj}y_{rj} - \sum_{p=1}^{q} w_{pj}z_{pj} \leq 0\,, \qquad j = 1,2,\dots,n$$

$$\sum_{p=1}^{q} w_{pj}z_{pj} - \sum_{i=1}^{m} v_{ij}x_{ij} \leq 0\,, \qquad j = 1,2,\dots,n;$$

$$u_{rj}, v_{ij}, w_{pj} \geq 0,\ i = 1,\dots,m,\ r = 1,\dots,s\,, \quad p = 1,\dots,q, \qquad j = 1,2,\dots,n$$

Bu modelde $E_k^{(S)*}$, KVB_k için sistem etkinlik skoru göstermektedir ve (3) ile verilen klasik iki aşamalı VZA modelinden elde edilmektedir. Bu modelde ele alınan birim için genel etkinlik skoru korunmakta ve agresif fikir ile yani diğer birimlerin etkinlik skorları minimum yapılmaya çalışılırken ilgili birimin etkinlik skorunun maksimum yapılmaya çalışıldığı bir düşünce ile optimal ağırlıklar elde edilmektedir.

Örkcü ve diğ. (2019), Wang ve diğ. (2011) tarafından tek aşamalı klasik VZA için önerilen neutral VZA modelini iki aşamalı üretim sistemlerine genişlettiler. Bu model (5) ile verilmektedir.

$$max\ \alpha_1.\delta + \alpha_2.\gamma + \alpha_3.\varphi$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^{m} v_{ik}x_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_{rk}y_{rk} = E_k^{(S)*} \tag{5}$$

$$\sum_{p=1}^{q} w_{pk}z_{pk} = E_k^{(1)*}$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_{rj}y_{rj} - \sum_{p=1}^{q} w_{pj}z_{pj} \leq 0\,, \qquad j = 1,2,\dots,n;\ j \neq k$$

$$\sum_{p=1}^{q} w_{pj} z_{pj} - \sum_{i=1}^{m} v_{ij} x_{ij} \leq 0 , \qquad j = 1,2, \dots, n;\ j \neq k$$

$$u_{rk} y_{rk} - \delta \geq 0 , r = 1, \dots, s$$

$$v_{ik} x_{ik} - \gamma \geq 0 , i = 1, \dots, m$$

$$w_{pk} z_{pk} - \varphi \geq 0 , p = 1, \dots, q$$

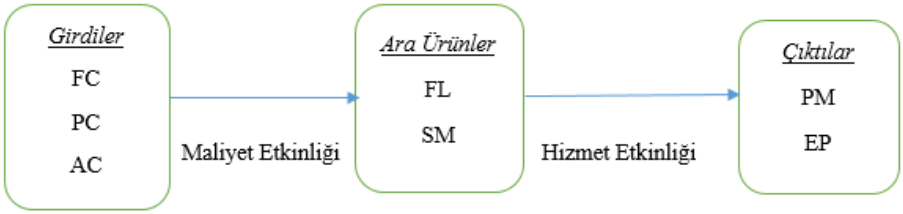
$$u_{rj}, v_{ij}, w_{pj} \geq 0,\ i = 1, \dots, m,\ r = 1, \dots, s ,\quad p = 1, \dots, q, \qquad j = 1,2, \dots, n$$

$$\delta, \gamma, \varphi \geq 0$$

Bu modelde, $\alpha_1 \geq 0,\ \alpha_2 \geq 0$ ve $\alpha_3 \geq 0$ değerleri δ, γ ve φ amaçları için ağırlık katsayılarıdır ve $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ olacak şekilde şeçilirler. $E_k^{(S)*}$ ve $E_k^{(1)*}$ sırasıyla KVB_k için sistem ve birinci aşama etkinlik skorlarını göstermektedirler ve klasik iki aşamalı VZA modelinden elde edilmektedirler. Bu modelde ele alınan birim için sistem ve birinci aşama etkinlik skorları korunmakta ve her bir değişkenin etkinlik skoruna minimum düzeyde katkı yapabileceği bir düşünce ile optimal ağırlıklar elde edilmeye çalışılmaktadır. Buradan, δ, φ ve γ sırasıyla çıktıların, ara ürünlerin ve girdilerin minimum göreli önemini göstermektedir. α_1, α_2 ve α_3 katsayıları toplamları 1 olacak şekilde birbirine eşitte alınabilir farklı da alınabilir. Bu modelden elde edilen optimal ağırlıklar ile hem alt aşamalar hem de sürecin geneli için çapraz etkinlik skorları elde edilebilir.

Bir Veri Uygulaması: En İyi Rotanın Değerlendirilmesi

Tayvan'daki bir havayolu tarafından işletilen toplam 15 rotanın üç girdi değişkeni, iki üretim değişkeni ve iki hizmet değişkeni seçilmiştir (Chiou ve Chen, 2006). Burada güzergâhlar karar verme birimi olarak belirlenmiştir ve rotaların etkinliği (sistem etkinliği) maliyet etkinliği ve hizmet etkinliği alt aşamaları ile ifade edilmiştir. Girdiler yakıt maliyeti (Fuel cost, FC), personel maliyeti (personnel cost, PC) ve uçak maliyeti (aircraft cost, AC) olarak, ara ürünler uçuş sayısı (number of flights, FL) ve koltuk mili (seat-mile, SM) olarak ve çıktılar ise yolcu mili (passenger-mile, PM) ve biniş yolcuları (embarkation passengers, EP) olarak alınmıştır. Şekil 2'de rotaların etkinlik incelemesinin iki aşamalı üretim sisteminde ifadesi gözükmektedir.



Şekil 2. Rotaların etkinliğinin iki aşamalı yapı olarak gösterilmesi

Kao ve Hwang (2008) tarafından önerilen klasik iki aşamalı VZA modeli ile elde edilen sonuçlar Tablo 1'de, Kao ve Liu (2019) tarafından önerilen agresif çapraz etkinliğe dayalı iki aşamalı modelinden elde edilen sonuçlar Tablo 2'de ve Örkcü ve diğ. (2019) tarafından neutral çapraz etkinliğe dayalı iki aşamalı modelinden elde edilen sonuçlar Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 1'den görülebileceği gibi, Kao ve Hwang (2008) tarafından önerilen klasik iki aşamalı VZA modeli 1. aşamada TSA-KHH, TXG-MZG, TNN-MZG, TSA-KNH, TNN-KNH ve KHH-KNH rotaları etkin olarak elde edilmiştir. İkinci şamada ise TSA-MZG, TNN-MZG, TSA-KNH ve TXG-KNH rotaları etkin olarak elde edilmişlerdir. Genel sistem değerlendirmesinde ise TNN-MZG ve TSA-KNH rotaları etkin olarak elde edilmişlerdir.

Tablo 1'deki etkinlik skorlarından, Kao ve Hwang (2008) tarafından önerilen klasik iki aşamalı VZA modelinin rotaları ayırt edemediği ve en etkin rotanın belirlenemediği ortaya çıkmıştır. İlk aşamada 6, ikinci aşamada 4 ve genel sistem değerlendirmesinde ise 2 rota en iyi olarak belirlenmiştir.

Tablo 1: Klasik iki aşamalı VZA modeli sonuçları

Rotalar	v_1	v_2	v_3	w_1	w_2	u_1	u_2	E^s	E^1	E^2
TSA-KHH	0	0	0,0376	0,0089	0,0256	0,0130	0,0161	0,8214	1	0,8214
TSA-TNN	0	0,0639	0,0331	0,0385	0,0502	0,0073	0,0680	0,7826	0,9927	0,7884
TSA-TXG	0	0,0501	0,0518	0,0447	0,0499	0	0,0795	0,7681	0,9411	0,8162
TSA-CYI	0,1138	0	0,0159	0,0158	0,0815	0,0524	0,0289	0,6914	0,8970	0,7708
TSA-TTT	0,0128	0,1228	0	0,0516	0,0673	0,0097	0,0911	0,8178	0,9675	0,8452
TSA-MZG	0	0,1237	0,0640	0,0745	0,0972	0,0141	0,1314	0,9500	0,9500	1
TXG-MZG	0,4854	0	0	0,05305	0,2863	0,1866	0,0969	0,8102	1	0,8102
CYI-MZG	1,5625	0	0	0,32557	0,3629	0	0,5779	0,9073	0,9900	0,9165
TNN-MZG	0,4333	0,1135	0	0,15434	0,1720	0	0,2739	1	1	1
KHH-MZG	0	0	0,1776	0,05522	0,1102	0,0415	0,0980	0,8811	0,9026	0,9761
TSA-KNH	0	0,1964	0	0,00732	0,1204	0,1022	0	1	1	1
TXG-KNH	0,4048	0,0169	0	0,03562	0,2715	0,1897	0,0662	0,8920	0,8920	1
CYI-KNH	2	0	0	0,16566	1,2627	0,8823	0,3081	0,8215	0,9695	0,8473
TNN-KNH	1,9607	0	0	0,13887	1,2749	0,9514	0,2126	0,9302	1	0,9302
KHH-KNH	0,4651	0	0	0,01910	0,3140	0,2665	0	0,9650	1	0,9650

Tablo 2'deki agresif tabanlı iki aşamalı VZA sonuçlarından, ilk aşamada KHH-KNH rotasının 0.9048 etkinlik skoru ile en iyi rota olduğu, TSA-KNH rotasının ise 0.9872 etkinlik skoru ile ikinci aşamanın en iyisi olduğu belirlenmiştir. Genel değerlendirmede ise 0.8217 etkinlik skoru ile KHH-KNH rotası en iyi olarak belirlenmiştir. KHH-KNH ve TSA-KNH rotalarının klasik iki aşamalı VZA ile incelemede ilk ve ikinci aşamada etkin bulunan rotalar arasında olmaları agresif tabanlı iki aşamalı VZA sonuçlarının güvenilir olduğunu göstermektedir.

Tablo 2: Agresif tabanlı iki aşamalı VZA modeli sonuçları

Rotalar	v_1	v_2	v_3	w_1	w_2	u_1	u_2	E^s	E^1	E^2
TSA-KHH	0	0	0,0136	0,0019	0,0100	0,0065	0,0034	0,5797	0,7124	0,8137
TSA-TNN	0	0,0073	0,0038	0,0044	0,0057	0,0008	0,0078	0,5348	0,7247	0,7380
TSA-TXG	0	0,0054	0,0056	0,0048	0,0054	0	0,0086	0,6193	0,7459	0,8303
TSA-CYI	0,0095	0	0,0013	0,0013	0,0068	0,0043	0,0024	0,6010	0,8196	0,7333
TSA-TTT	0,0010	0,0097	0	0,0041	0,0053	0,0007	0,0072	0,5560	0,7056	0,7880
TSA-MZG	0,0001	0,0088	0,0015	0,0045	0,0048	0	0,0079	0,6691	0,7154	0,9353
TXG-MZG	0,0102	0	0	0,0015	0,0049	0,0027	0,0027	0,6756	0,8550	0,7902
CYI-MZG	0,0100	0	0	0,0020	0,0023	0	0,0037	0,6679	0,7397	0,9030
TNN-MZG	0,0101	0	0	0,0020	0,0024	0	0,0037	0,7728	0,7845	0,9851
KHH-MZG	0	0	0,0105	0,0032	0,0065	0,0024	0,0058	0,7030	0,7326	0,9596
TSA-KNH	0	0,0105	0	0	0,0071	0,0054	0	0,6554	0,6639	0,9872
TXG-KNH	0,0102	0	0	0,0006	0,0067	0,0049	0,0011	0,7658	0,8374	0,9145
CYI-KNH	0,0100	0	0	0,0008	0,0063	0,0044	0,0015	0,6782	0,8720	0,7777
TNN-KNH	0,0100	0	0	0,0007	0,0065	0,0048	0,0010	0,7525	0,8954	0,8404
KHH-KNH	0,0102	0	0	0	0,0075	0,0058	0	0,8217	0,9048	0,9081

Tablo 3'deki neutral tabanlı iki aşamalı VZA sonuçlarından, ilk aşamada TNN-KNH rotasının 0.9346 etkinlik skoru ile en iyi rota olduğu, TSA-KNH rotasının ise 0.9974 etkinlik skoru ile ikinci aşamanın en iyisi olduğu belirlenmiştir. Genel değerlendirmede ise 0.8565 etkinlik skoru ile KHH-KNH rotası en iyi olarak belirlenmiştir. TNN-KNH, TSA-KNH ve KHH-KNH rotalarının klasik iki aşamalı VZA ile incelemede ilk ve ikinci aşamada etkin bulunan rotalar arasında olmaları ve agresif tabanlı iki aşamalı VZA sonuçlarına benzer şekilde neutral tabanlı iki aşamalı VZA modelinden elde edilen sonuçların güvenilir olduğunu göstermektedir.

Tablo 3: Neutral tabanlı iki aşamalı VZA modeli sonuçları

Rotalar	v_1	v_2	v_3	w_1	w_2	u_1	u_2	E^s	E^1	E^2
TSA-KHH	0	0	0,0376	0,008	0,0256	0,0135	0,0160	0,6191	0,7528	0,8225
TSA-TNN	0	0,063	0,0331	0,038	0,0509	0,0072	0,0680	0,5712	0,7669	0,7448
TSA-TXG	0	0,050	0,0518	0,044	0,0499	0	0,0795	0,6476	0,8067	0,8027
TSA-CYI	0,1138	0	0,0159	0,015	0,0815	0,0528	0,0289	0,6235	0,8694	0,7171
TSA-TTT	0,0128	0,122	0	0,051	0,0673	0,0094	0,0911	0,5902	0,7423	0,7952
TSA-MZG	0	0,123	0,0640	0,074	0,0972	0,0148	0,1314	0,7109	0,7546	0,9421
TXG-MZG	0,4854	0	0	0,053	0,2863	0,1868	0,0969	0,7018	0,9174	0,7650
CYI-MZG	1,5625	0	0	0,325	0,3629	0	0,5779	0,6983	0,8061	0,8662
TNN-MZG	0,7407	0	0	0,116	0,3320	0,1685	0,2084	0,8124	0,8576	0,9473
KHH-MZG	0	0	0,1776	0,055	0,1102	0,042	0,0980	0,7354	0,7847	0,9373
TSA-KNH	0	0,196	0	0,088	0,0803	0,0515	0,0697	0,7017	0,7035	0,9974
TXG-KNH	0,4048	0,016	0	0,035	0,2715	0,1896	0,0662	0,7889	0,8791	0,8974
CYI-KNH	2	0	0	0,165	1,2627	0,8824	0,3081	0,6950	0,9109	0,7630
TNN-KNH	1,9607	0	0	0,138	1,2749	0,9517	0,2126	0,7718	0,9346	0,8258
KHH-KNH	0,0757	0	0,3135	0,019	0,3140	0,2666	0,0001	0,8565	0,9430	0,9082

Agresif tabanlı iki aşamalı VZA modeli ve neutral tabanlı iki aşamalı VZA modeli arasındaki farklılıklar iki modelin dayandığı farklı çapraz etkinlik fikirlerindendir. Modeller ilk aşamanın en iyisini farklı rotalar olarak elde etseler de bulunan en iyi rotalar klasik iki aşamalı VZA modelinin etkin olarak belirlediği rotalar arasındandır.

Sonuçlar

Klasik tek aşamalı üretim sistemlerinde çok sayıda çapraz verimlilik yöntemi veya ikincil hedefler olmasına rağmen, iki aşamalı üretim sistemlerinin modellenmesinde ve değerlendirilmesinde çapraz verimlilik değerlendirme ve gerçekçi olmayan ağırlık şeması sorunlarına çok az önem verilmiştir. Bu çalışmada iki aşamalı VZA yaklaşımı için geliştirilen çapraz etkinlik yaklaşımları tanıtılmış ve uçuş rotalarının etkinliğinin incelendiği gerçek veri seti üzerinde yöntemlerin uygulaması gösterilmiştir.

Kaynaklar

Petridis K, Unsal M.G, Dey P, Örkcü H.H. (2019), A novel network data envelopment analysis model for performance mesurement of Turkish electric distribution companies, *Energy*, 174, 985-998.

Örkcü H.H, Özsoy V.S, Örkcü M, Bal H. (2019), A neutral cross efficiency approach for basic two stage production systems, *Expert Systems with Applications*, 125, 333-344.

Sexton T. R, Silkman R. H, Hogan A.J (1986), Data envelopment analysis: Critique and extensions. *New Directions for Evaluation*, 32, 73-105.

Doyle J.R, Green R.H (1994), Efficiency and cross efficiency in DEA: Derivations, meanings and uses, *Journal of the Operational Research Society*, 45(5), 567-578.

Doyle J.R, Green R.H. (1995), Cross-Evaluation In DEA: Improving Discrimination Among DMUs. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 33(3), 205-222.

Anderson T.R, Hollingsworth K, Inman L. (2002), The fixed weighting nature of a cross-evaluation model, *Journal of Productivity Analysis*, 17(3), 249-255.

Wang Y.M, Chin K.S (2010a), Some alternative models for DEA cross efficiency evaluation, *International Journal of Production Economics*, 128(1), 332-338.

Wang Y.M, Chin K.S. (2010b), A neutral DEA model for cross efficiency evaluation and its extension. *Expert Systems with Applications*, 37(5), 3666-3675.

Ramón N, Ruiz J. L, Sirvent I. (2010), On the choice of weights profiles in cross efficiency evaluations, *European Journal of Operational Research*, 207(3), 1564-1572.

Wang Y.M, Chin K.S (2011), The use of OWA operator weights for cross efficiency aggregation, *Omega*, 39(5), 493-503.

Örkcü H. H, Bal H. (2011), Goal programming approaches for data envelopment analysis cross efficiency evaluation, *Applied Mathematics and Computation*, 218(2), 346–356.

Wang Y.M, Chin K.S, Jiang P. (2011), Weight determination in the cross efficiency evaluation, *Computers and Industrial Engineering*, 61(3), 497-502.

Oukil A, Amin G.R (2015), Maximum appreciative cross efficiency in DEA: A new ranking method, *Computers and Industrial Engineering*, 81, 14-21.

Khodabakhsh M, Aryavas K. (2017), The cross efficiency in the optimistic–pessimistic framework, *Operational Research*, 17(2), 619-632.

Liu S.T (2018), A DEA ranking method based on cross efficiency intervals and signal-to-noise ratio, *Annals of Operations Research*, 261(1-2), 207-232.

Charnes A, Cooper W.W, Rhodes E. (1978), Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.

Seiford L. M, Zhu J. (1999), Profitability and marketability of the top 55 US commercial banks, *Management Science*, 45(9), 1270-1288.

Kao C, Hwang S.N (2008), Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan, *European Journal of Operational Research*, 185(1), 418-429.

Kao C, Hwang S.N (2014), Multi-period efficiency and Malmquist productivity index in two-stage production systems, *European Journal of Operational Research*, 232(3), 512-521.

Kao C, Liu S.T (2019), Cross efficiency measurement and decomposition in two basic network systems, *Omega*, 83, 70-79.

Chiou Y-C, Chen Y-H (2006), Route-based performance evaluation of Taiwanese domestic airlines using data envelopment analysis, *Transportation Research Part E,* 42, 116–127

SINIFLANDIRMA VE METİN MADENCİLİĞİ KULLANILARAK FİLM ÖNERİ SİSTEMİ

MOVIE RECOMMENDATION SYSTEM USING CLASSIFICATION AND TEXT MINING

Gülseren Dilara Doğan[1]

Doç. Dr. Aysun Coşkun[1]

[1] *Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara*

g.dilara.dogan@gmail.com, aysunc@gazi.edu.tr

Abstract: At the present time, with the widespread use of the Internet, sharing a lot of resources on the internet, increasing the diversity of the products that can be proposed, constitute the basis of the problem of selection and increase of alternatives for the user. One of the important sources is movies. The purpose of this thesis study is to provide the film suggestion system and viewers spend their time in front of the screen by watching the films containing their interests and thus increasing their satisfaction. Classification of keywords found by text mining. In this thesis, studies on the film suggestion system were made by using classification and text mining. The classification of the keywords found by the text mining method constitutes the suggestion system. This study was mainly carried out in two stages: back-end framework and front-end framework. The main point of the study is to recommend movies according to the characteristics of the movies followed by the user.

Keywords: Text mining, Classification, Framework

Özet : Günümüzde internetin yaygınlaşması ile birlikte internet ortamında çok fazla kaynak paylaşılması, önerilebilecek ürünlerdeki çeşitliliğin artması kullanıcı açısından seçme zorluğu ve alternatiflerin artması probleminin temellerini oluşturmaktadır. Önemli olan kaynaklardan biri de filmlerdir. Bu tez çalışmasının amacı ise film öneri sistemi ile izleyicilerin ekran karşısında geçirdikleri zamanı ilgi alanlarını içeren filmleri izleyerek geçirmelerini ve böylelikle memnuniyetlerini arttırmayı sağlamaktır. Bu tezde sınıflandırma ve metin madenciliği kullanılarak film öneri sistemi üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Metin madenciliği yöntemiyle bulunan anahtar kelimelerin sınıflandırılması öneri sistemini oluşturmaktadır. Bu çalışma temel olarak back-end framework ve front-end framework olmak üzere iki aşamada gerçekleşmiştir. Çalışmada esas olan kullanıcının izlediği filmlerin özelliklerine göre film önerilmesidir.

Anahtar Kelimeler: Metin madenciliği, Sınıflandırma, Framework

Giriş

İnternetin yaygınlaşması ile birlikte internet ortamında çok fazla kaynak paylaşılması, önerilebilecek ürünlerdeki çeşitliliğin artması kullanıcı açısından seçme zorluğu ve alternatiflerin artması probleminin temellerini oluşturmaktadır. Kullanıcıların geçmişte hangi ürünleri tükettikleri bilgisinin tutulması sayesinde öneri sistemlerinin önemi artmaktadır. Bu durumda devreye öneri sistemleri girmektedir. Öneri sistemlerinin kullanıcılara önerilerde bulunmasının yanı sıra aynı zamanda kullanıcılara tavsiyelerde bulunurken belli kaynaklara yönlendirme işlemi de gerçekleştirmektedir. İnternet üzerinde gün geçtikçe içerikler katlanarak artmaktadır. Çok fazla içerik içinden kullanıcının ilgilendiği içerikleri filtreleyerek ulaşmak ve ilgisini çekmeyen gereksiz diyebileceğimiz veriden kurtarmak bu sistemlerin temel amacıdır. Öneri sistemleri, internet sitelerinin içeriklerini ayrıştırma gibi çeşitli yöntemler kullanarak bu sorunu çözmeye çalışmışlardır. En temel seviyede, filtreleme özellikleri kullanılır fakat günümüzde çok daha karmaşık hesaplamaları beraberinde getirmiştir ve veri madenciliği gibi birçok farklı teknolojiyi de içinde barındırır.

İhtiyaçlar arttıkça daha karmaşık sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Kişiselleştirilmişi bilgiyi kullanıcının hizmetine sunma oldukça önem kazanmıştır. Günümüzde oldukça önemli olan bir kategori de filmlerdir. Televizyona karşı ilgi azaldıkça internet üzerinden dizi ve filmleri izleme oranları gün geçtikçe artmaktadır. İnternet üzerinde vizyondaki filmler dahil olmak üzere kullanıcı için oldukça fazla seçenek vardır. Seçenek sayısı arttıkça da kullanıcıların zevklerine hitap edebilecek film sayısı da artmakta olup kullanıcının seçimi açısından oldukça da zaman almaktadır. Film öneri sistemleri de kullanıcılara kişiselleştirilmiş bir şekilde sıkça izlediği filmlere benzer filmler önerilmesini sağlayan kullanışlı sistemlerdir.

Bu tez çalışmasının amacı iste film öneri sistemi ile izleyicilerin ekran karşısında geçirdikleri zamanı ilgi alanlarını içeren filmleri izleyerek geçirmelerini ve böylelikle memnuniyetlerini arttırmayı sağlamaktır. Öneri yapılacak filmler hakkındaki hem içerik hem de dolaylı yoldan elde edilmiş puanlama bilgisi mevcuttur. İçerik bilgisi, filmin yönetmeni, filmin türü, filmde oynayan oyuncular, filmin konusu, filmin yayınlanma tarihi ve filmin özeti gibi oldukça kapsamlı ve yüksek boyutlu olacaktır.

Tez çalışması içeriğinde yapılmış çalışmalardan özgün olarak yukarıda bahsedilen oyuncu, yönetmen gibi içerikler anahtar kelimeler şeklinde özniteliklerini belirtecek ve sonrasında bu anahtar kelimeler dolaylı bir puanlama sistemine tabi tutulmuştur. Bahsedilen puanlama sisteminde anahtar kelimeler filmlerle alakaları göz önünde tutularak puanlar verilmiş ve tercih edilen filmlerdeki anahtar kelimelerin puanlamalarıyla karşılaştırıp, en yüksek puanı alan filmler önerilenler listelerine dahil olmuştur.

1. Materyal ve Metotlar

Tez çalışmasında kullanılmış metotlar ve materyaller hakkında bilgi bu bölümde verilecektir.

1.1. Metin Madenciliği

Metin madenciliği, temel olarak yapısal olmayan metinlerden bilgi içeren yapısal metinleri üretme işlemi olarak tanımlanabilir. Metinlerin işlenmesi ile anlamlı bilgilerin elde edilmesi için, veri ön işleme ve özellik çıkartımı gibi isimlerle adlandırılan adımların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu aşamalardan sonra yapısal olmayan veriler, metin madenciliğinin kullanılacağı ve bilgisayarlar tarafından işlenen yapısal bir biçime dönüştürülebilir. Bu sayede büyük miktardaki veriler içerisinde bulunan değerli bilgiler keşfedilmiş olur. Metin madenciliği yöntemlerinin temelinde matematiksel ve istatiksel yöntemleri içermektedir. Metin madenciliği, yazar tanıma, metin sınıflama, fikir madenciliği, duygu analizi, anahtar kelime çıkartımı, başlık çıkartımı gibi farklı alanlarda da kullanılmaktadır.

1.2. Symfony

2005'den beri gerçekleştirilen açık kaynaklı PHP MVC web uygulama çatısıdır. Symfony, PHP programlama dili için geliştirilmiş yüksek performanslı bir Framework'dür. Çok sayıda hazır kütüphanesi bulunduğu için modülleri konsol komutları ile projeye dahil edilebilir. Ayrıca bir başka avantajı ise geniş bir geliştirici kitlesi olduğu için sürekli güncellenir, güvenlik ve stabilite konusunda güvenilirdir. Birçok saldırı türlerine karşı güvenli bir geliştirme ortamı sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

1.3. Laravel

Laravel, ihtiyaç duyulan, gelişmiş birçok özellik ve yapıyı üzerinde barındıran PHP ve OOP'dan yararlanan, web uygulamaları geliştirmeyi sağlayan açık kaynaklı bir PHP Framework'dür. Yapısı gereği sade ve temiz kod yazarak uygulamaları geliştirme imkanı verir. Söz dizimi basit ve anlamlıdır. Birkaç işlem barındıran küçük uygulamalardan, büyük kurumsal projelere kadar her türlü web uygulamasını tasarlama esnekliğine sahiptir.

1.3.1 Laravel'de Güvenlik

Laravel üzerinde güvenliliğin artılılması için oldukça fazla geliştirme yapılmaktadır. Örneğin Laravel'deki Hash sınıfı güvenli Bcyrpt karıştırması (hashing) ve PHP uzantısı aracılığıyla güçlü AES kriptolama imkanı sağlamaktadır.

1.3.2 Laravel'de Veri Tabanı

Laravel veri tabanı sistemlerinde en gelişmiş veritabanı işlemlerinden olan ORM sistemini kullanmaktadır. Veri tabanı işlemleri MVC sistemlerde Model

katmanında yürütülmektedir. Model katmanında tüm yapılan işlemlere CRUD olarak adlandırılan tüm veritabanı işlemlerini kapsamaktadır.

1.3.3. OAuth

OAuth protokolü web, mobil ve masaüstü uygulamalarına basit ve standart bir yöntemle uygulamalara güvenli yetkilendirme imkanı sunan açık bir protokoldür. OAuth sayesinde erişim izni sınırlı olan verilerin yani korunmuş verilerin güvenli bir şekilde hizmete sunulması basitleştirilmiştir.

OAuth 2.0 protokolü, OAuth 1.0 üzerinde yapılan değişikliklerden sonrasında 2006 yılında ortaya çıkan bir versiyonudur. OAuth 2.0, uygulamaların birbirleri arasında veri erişimine olanak sağlayan açık bir yetkilendirme protokolüdür. Kullanıcı doğrulama amaçlı değil uygulama yetkilendirme amaçlı bir protokoldür. Bir uygulamanın başka bir uygulama tarafından doğrulanmış kullanıcılara izin vermesidir.

1.3.4 ORM

Veri tabanı ile uygulamamızda nesnelerimiz sayesinde bağlantı kurup yönetmemizi sağlayan bir yapıdır. SQL cümleleri yazmadan nesnelerimiz üzerinden veri tabanına erişim sağlayıp kontrol edebilip sorgular çalıştırabilir. ORM veri tabanından bağımsız çalışmakta ve tamamiyle güvenilir olduğu kabul edilmektedir. Yani Mysql, SQLite, postgresql, MSSql, Oracle gibi birçok veri tabanı için aynı kodları kullanılabilir.

Laravel Eloquent ORM kullanır. Eloquent ORM, veri tabanında çalışmak için bir ActiveRecord uygulaması sağlamaktadır.

1.4. RAKE

Hızlı Otomatik Anahtar Kelime Çıkarma (RAKE), anahtar kelimeleri dokümanlardan otomatik olarak ayıklayan bir algoritmadır. Anahtar kelimeler, içeriğin kompakt bir temsilini sağlayan bir veya daha fazla kelimenin dizisidir. RAKE iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan bir NLP tekniğidir, ancak somut uygulaması içeriğin yazıldığı dil, içeriğin alanı ve anahtar kelimelerin amacı gibi faktörlere bağlıdır.

Anahtar kelimeler, tanımlanması, gözden geçirilmesi, hatırlanması ve paylaşılması kolay olduğu için bilgi alma (IR) sistemleri içindeki sorguları tanımlamak için yaygın olarak kullanılır. Algoritma ve konfigürasyon parametrelerinin ayrıntılarını sunar ve sonuçları, teknik özetlerin bir referans veri seti üzerinde sunar, daha yüksek hassasiyet ve karşılaştırılabilir hatırlama puanları elde edilmesini sağlar. Bu bölüm daha sonra, belirli etki alanları ve şirket için RAKE'yi yapılandırmak için kullanılan durdurma listelerini oluşturmak için yeni bir yöntem açıklamaktadır. Son olarak, RAKE seçilen kümeye uygulanır ve özselliğin değerlendirilmesi için metrikleri tanımlar.

1.5. PHP Programlama Dili

PHP internet için üretilmiş, sunucu taraflı, çok geniş kullanımlı, genel amaçlı HTML içerisine gömülebilen betik bir programlama dilidir. Web sayfasının daha etkili, görsel ve eğitimi amacına daha uygun hale getirecek bir otomasyon olacak şekilde tasarlanması için kullanıcıdan alınan verilerin daha sonra kullanılmasına imkan veren PHP, CGI veya ASP gibi "nesneye yönelik bir programlama dili" kullanılması gerekir. Bu dillerin sadece sunucu makinede çalışması, ayrıca kişisel bilgisayara PWS, IIS veya Apache gibi bir web sunucu eklentisinin de ilave edilmesini gerektirir. Bu tür dillerin avantajlarından biri, belli komutlar yazılarak "script" adı verilen paketler oluşturulmasıdır. Sayfa tasarımında bu paketler kodlar arasına yerleştirilmesiyle tekrar yazılması önlenir. Nesneye yönelimli programlar içinde günümüzde en çok tercih edilen PHP' dir. Çünkü ASP ve CGI' ye göre hem yazımı kolay hem de çok hızlıdır. Bu nedenle bu tez çalışmasında PHP dili kullanılarak bir tasarım gerçekleştirilmiştir.

1.6. React

ReactPHP, dünya çapında tüm projelerdeki hazır ve test edilmiş bir üründür. Olay odaklı mimarisi, çok fazla sayıda eşzamanlı bağlantıyı, uzun süren uygulamaları ve diğer çoklu kooperatif çoklu görev biçimlerini engelleyen G/Ç işlemlerini kullanan verimli ağ sunucuları ve istemciler için bir uyum sağlamaktadır.

ReactPHP'nın tercih edilmesinin nedeni ortak ağ hizmetleri, veri tabanı sistemleri ve diğer üçüncü taraf API'ları gibi pek çok mevcut sistemle bütünleşebilmesini sağlamaktadır.

1.7. Redux

Redux, veri erişiminin tek bir yerden yönetilmesinin yanında, state aktarımından doğabilecek problemleri çözmek üzere tasarlanmıştır. Redux'ta bütün state verileri store adı verilen bir yerde tutulur. Böylece üst seviye bileşenden alt seviye bileşene state aktarımına gerek kalmaz. Her bileşen, uygulama state'ine store aracılığıyla erişim sağlar. Veriler, tek bir sorgulama kaynağından getirildiği için, hangi state nereden gelmiş gibi bir veri takibine gerek kalmamış olur. Bu sayede, oluşan kod Redux ile daha temiz hale gelmiş olur.

2. Sınıflandırma ve Metin Madenciliği Kullanılarak Film Öneri Sistemi

Bu bölümde metin madenciliği kullanılarak yapılmış olan film öneri sistemi içerisinde kullanılan metot ve yöntemlerin çalışmaya uygulanmasından bahsedilecek ve diğer yöntemler ile arasındaki farklılıklara değinilecektir. Proje metot ve materyaller bölümünde bahsedilen PHP dilinde yazılmaktadır. Proje aslında 2 alt ana projeden oluşmaktadır. Bu alt projeler aslında front-end ve back-

end diye ayrıştırılabilir. Front-endframework'u olarak uygulamada kullanılmakta olan React'ın 1.6. versiyonu kullanılmaktadır.

2.1. Metin Madenciliğinin Projeye Uygulanması

Yapılan çalışmada metin madenciliği filmleri değerlendirirken kullanılacak anahtar kelimelerin bulunması amacıyla kullanılmıştır.

Filmlerin oyuncuları, kategorisi, yönetmeni, konusu ve isimlerinde anahtar kelimeler elde etmek için RAKE kullanılmıştır. PHP geliştiricilerinin bir metin dizisinden anahtar kelime ve kelime öbeklerinin bir listesini almak için kullanılabileceği bir yöntemdir. Anahtar kelimeler bir metine ifade edilen ana konularını tanımlarlar. Anahtar kelime çıkarımı, önemli kelimelerin ve kelime öbeklerinin metinden çıkarılmasına olanak tanımaktadır. Bu anahtar kelime çıkarımı, etiket listesi çıkarmak, anahtar kelime arama indeksi oluşturmak veya benzer içeriği kendi başlıkları ile gruplandırmak gibi çok daha fazlası için kullanılabilir.

RAKE çalışmaya uygulandığında anahtar kelime çıkarılması istenen metinin yeni bir örneğini oluşturur, sözcük öbeklerini çıkarır ve sonuçları döndürür. Belirtilen metinin İngilizce olduğunu varsaymaktadır.

2.2 Veri Tabanı Modelinin Oluşturulması

Veri tabanı verilerin tutulması, saklanması ve erişilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada veri tabanı olarak MySQL kullanılmıştır. MySQL kullanılmasının nedeni açık kaynaklı ve ücretsiz olmasıdır. Veri tabanı modellenmesinde 23 adet tablo oluşturulmuştur. Bu tablolar filmler, kullanıcılar, beğeni, beğeni sayısı, yorumlar, film türleri, yönetmenler, oyuncular, anahtar kelimeler gibi birçok bilginin tutulması ve birbirine bağlantı kurulması amacıyla kullanılmıştır.

Kullanıcı için üye girişi sistemi olduğu için kullanıcı bilgileri ve şifre değiştirme durumları ayrı tablolarda tanımlanmış olup e-posta adresi ile ilişki kurulmuştur. Kullanıcının beğendiği filmler kullanıcının beğeni tablosunda bulunmakta olup bu filmlerde bulunan anahtar kelimeler kullanıcının anahtar kelimeleri tablosunda yer almaktadır. Tüm bilgilerin farklı tablolarda bulunmasının bir nedeni ise bu bilgilerin tamamını birer kategori olarak değerlendirerek doğruluğu arttırılmış bir kişiselleştirilmiş tavsiye sistemi sunabilmektir.

2.3. Programın Çalışma Mantığı

Kullanıcılara üyelik sistemi sunulmaktadır. Kullanıcı üyeliğiyle girip izlemiş olduğu filmler hafızada tutulur. Kullanıcı izlediği filmleri beğenebilir, beğenmeyebilir ve filmlere yorum yapabilmektedir. Kullanıcının izlemiş olduğu filmlerin yapım yılları, oyuncuları, yönetmeni, film türleri ve film konuları gibi özellikleri barındıran yapısal olmayan kelimeler RAKE algoritması tarafından

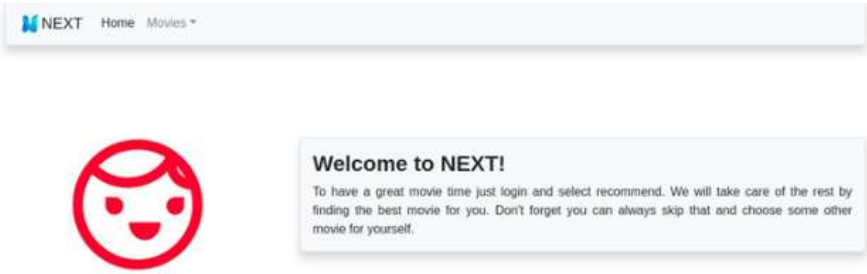
yapısal birer anahtar kelimeye çevrilecektir. Bu anahtar kelimeler filmler ile arasındaki uyum göz önüne alınarak bir puanlama sistemine tabi tutulmuştur. Bu puanlama sisteminin sonucunda anahtar kelimelerin tercih edilme popülerliği karşılaştırılacak ve en yüksek puanı alan filmler önerilenler listesinde görünecektir. Kullanıcı kendi istediği filmi izleyebildiği gibi, önerilenler bölümünden de kullanıcının istekleri doğrultusunda sistemin önerdiği filmleri de kolaylıkla izleyebilecektir.

2.4 Kullanıcı Arayüzü

Yapılan çalışmada kullanıcının sistemi verimli bir şekilde kullanabilmesi için sade ve kullanışlı bir arayüz geliştirilmiştir. Arayüz tasarımında mobil platform da dikkate alınmış ve gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Kullanıcının bu arayüz sayesinde hem web hem de mobil olarak kullanabileceği bir çalışma sunulmuştur.

2.4.1 Giriş Sayfası

Giriş sayfası gerek mobil tabanlı gerekse web tabanlı projelerde dikkat edilmesi gereken bir bölümdür. Giriş sayfası, kullanıcıyla etkileşime giren ilk sayfa olması nedeniyle sade ve anlaşılır olmalıdır. Şekil 1'de örnek arayüz verilmektedir. Yapılan çalışmada giriş sayfası, hareketli resimden ve kısa bir metini barındırmaktadır. Yazılmış olan metinde çalışmanın amacından bahsedilmektedir.

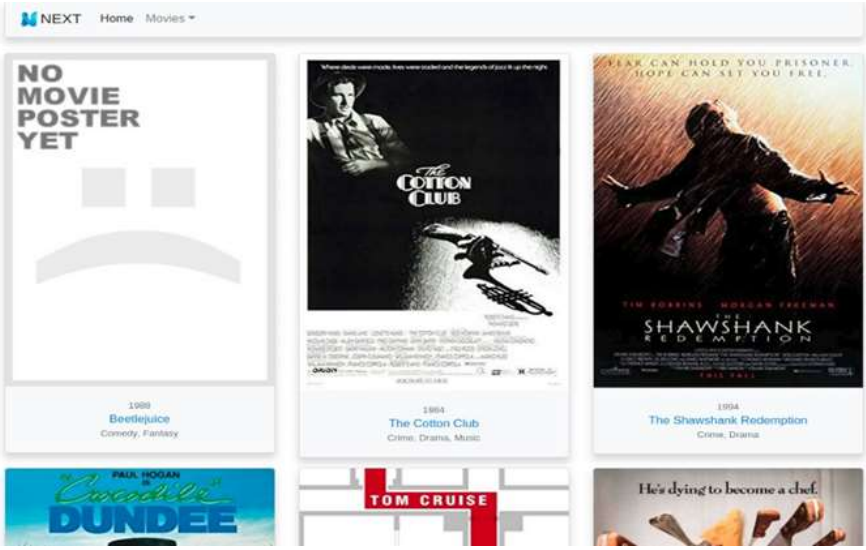


Şekil 1: Giriş sayfası web arayüzü

2.4.2 Tüm Filmlerin Listesi

Tüm filmlerin listelendiği sayfa, yapılmış olan çalışmalarda ve piyasada sıklıkla görülmekte olan alışılagelmiş bir anasayfa olarak nitelendirilen filmlerinin tamamın bulunduğu sayfadır. Yönetici olarak yüklenmiş filmlerin tamamı bu sayfada listelenmektedir. Her filmle ilgili temel bilgiler olan film adı,

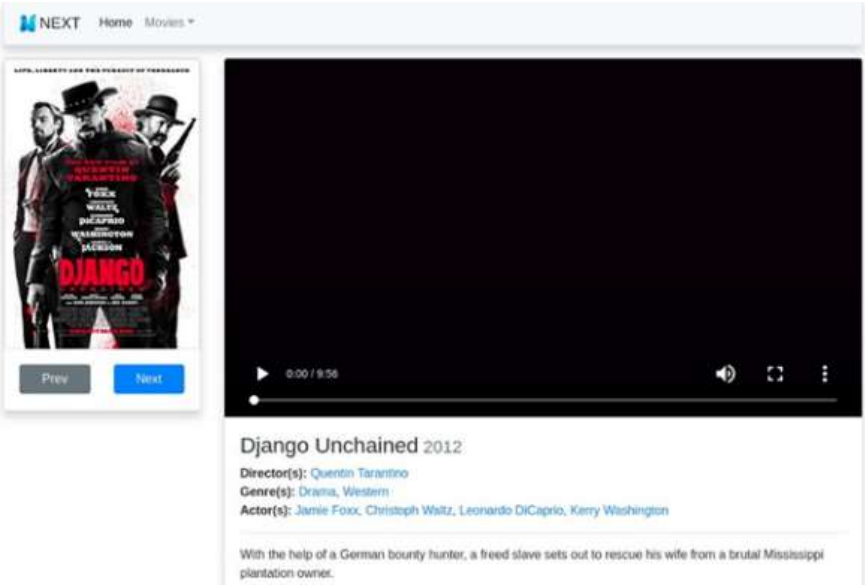
film türü ve yönetmen adı film posterlerinin altlarında yer almaktadır. Yapılan çalışmanın web arayüzü Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2: Film listesi web arayüzü

2.4.3 Seçili Film Sayfası

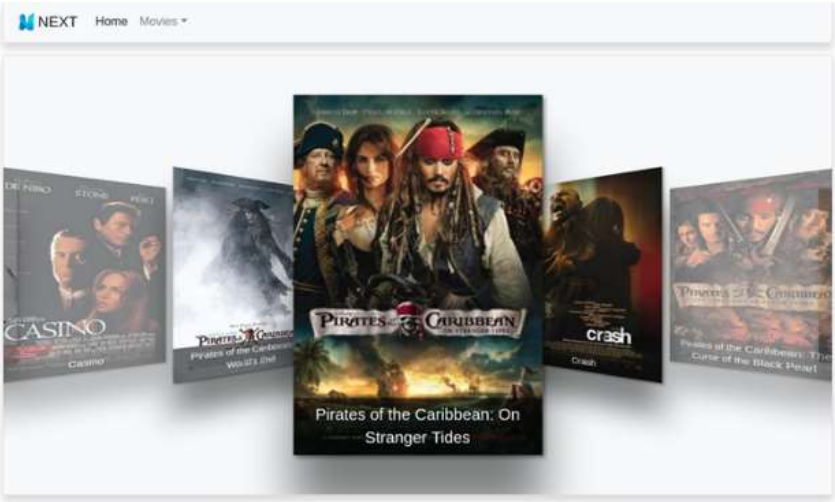
Kullanıcının izlediği veya izlemek istediği filmi açtığı sayfadır. Film hakkındaki temel bilgiler dışında filmin özeti de bu sayfada yer almaktadır. Şekil 3'de görüldüğü gibi film afişi ve bilgileri haricinde film izlerken dikkat dağıtmayacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3: Seçili film sayfası web arayüzü

2.4.4 Önerilenler Listesi

Kullanıcının izlediği ve beğendiği filmlere göre kullanılan algoritma ve sınıflandırmalar sonucunda önerilen filmlerin listelendiği sayfadır. Şekil 4'de görüldüğü gibi film afişleri yatay biçimde listelenmektedir.



Şekil 4: Önerilenler listesi web arayüzü

Sonuç ve Öneriler

Öneri sistemleri, kullanıcıların ilgisini çeken kategori ve konulara dayanarak bilgi elde eder ve kullanıcının ilgisini çekebilecek benzer içerikleri kullanıcıya sunmaya çalışır. Yapılan çalışmada kullanıcının önceden izlediği filmlere göre önerilen filmler sunulmaktadır. Bu platformun gereken ana sayfa ve kategorize edilmiş filmlerin listesini içermesinin yanı sıra önerilen filmleri de listeleyebileceğiniz ayrı bir kategorinin de bulunmasıdır. Kişi kendi izlemek istediği filmleri seçebilmenin yanında önerilen filmleri de izleyebilmesi kullanıcıya zaman ve risk açısından kolaylık sağlamaktadır.

Bu çalışma temel olarak back-end framework ve front-end framework olmak üzere iki aşamada gerçekleşmiştir. Çalışmada esas olan kullanıcının izlediği filmlerin özelliklerine göre film önerilmesidir. İzlediği filmlerdeki oyuncular, filmlerin kategorisi, filmlerin yönetmeni, filmlerin konusu hatta filmlerin isimlerinde anahtar kelimeler elde edilmiş ve anahtar kelimelerin filmler ile arasındaki uyum göz önüne alınarak bir puanlama sistemi oluşturulmuştur. Bu

puanlama sisteminin sonucunda ise en yüksek puanı alan filmler önerilenler listesinde görünecektir. Bu puanlama oluşturulurken dikkat edilmesi gereken günlük hayatta çok yerde kullandığımız, niteleyici ve belirleyici olmayan kelimelerdir. Örneğin; bu, şu, gibi, ve, ama, ayrıca, fakat. Puanlama sisteminde bu kelimeler puanlamadan çıkarılmıştır.

Günlük kullanım için oldukça tercih edilebilecek bir çalışma olduğu için önerilen filmlerin doğruluğu oldukça önemli olacaktır. İlerleyen zamanlarda öneri yapılırken anahtar kelimelerin dışında, görüntü işleme yapılarak da öneriler sunulabilir. Yapılacak olan görüntü işleme çalışmaları sonrasında filmlerin çekim kalitesi, filmlerdeki kontrast yoğunluğu, olayların geçtiği yerlerin temel özellikleri gibi birçok özellik değerlendirilip, anahtar kelimeler sonucunda elde edilen puan sistemiyle birlikte değerlendirildiklerinde oldukça fazla ve zevklere hitap edebilen filmler önerilebilir. İleride yapılacak olan çalışmalarda eklenebilecek faktörler önerilen filmlerdeki doğruluk oranının yükselmesini sağlayacaktır. İlerleyen yıllarda film kategorilerine dizi kategorileri de eklenebilmekte olup, kullanıcıyla buluşturulduğunda alınacak ilginin yoğunluğu göz önünde bulundurularak bu çalışmaya özgü içerikler eklenebilir ve bu içerikler için öncelikli bir puanlama sistemiyle öneri listesi oluşturulabilir.

Kaynakça

S. Taşçı, İçerik Bazlı Medya Takip ve Haber Tavsiye Sistemi, Hacettepe Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2015.

Schafer, J. B., Konstan, J. A., Riedl, J. T., Recommender Systems for the Web. In Visualizing the Semantic Web, Springer London, 2006.

Hotho, A., Nurnberger, A., Paaß, G. “A brief survey of text mining”. LDV Forum - GLDV Journal for Computational Linguistics and Language Technology. 2005.

Azzalini, A., Scarpa, B., Walton, G. (2012). “Data Analysis and Data Mining: An Introduction”. Oxford University Press. New York, 2012.

J. Jarmołowicz, W. Zabierowski and A. Napieralski, Presentation of improvements for PHP programmers, based on Symfony framework. Creation of

example portal and description of used technology, Web Intelligence, in International Conference on. IEEE, 2010, Lviv-Slavsko, Ukraine

"Laravel" [Çevrimiçi]. Available: http://laravel.gen.tr/docs/security [Erişildi: 20 Aralık 2018].

Kahraman Er, "Laravel'de Veritabanı" [Çevrimiçi]. Available: https:// kahramaner.com/ yazilim/laravel-database/ [Erişildi: 20 Aralık 2018].

D. Hardt, Ed. "The OAuth 2.0 Authorization Framework," Internet Engineering Task Force (IETF), Microsoft, 2012.

H. R. Yu, "Design and implementation of web based on Laravel framework," International Conference on Computer Science and Electronic Technology, Nankai University Binhai College, 2014.

S. Rose, D. Engel, N. Cramer and W. Cowley (2010), Automatic Keyword Extraction from Individual Documents, Wiley Online Library(71), 2010.

M. W. Berry and J. Kogan, "Text mining: applications and theory," books.google.com, 2010.

"Php Programlama Dili" [Çevrimiçi]. Available: https://tr.wikipedia.org/ PHP [Erişildi: 20 Aralık 2018].

Varol, A., Türel, Y.: "Çevrimiçi Uzaktan Eğitimde İletişim Modülü", TOJET (The Turkish Online Journal Of Educational Technology, Ocak 2003)

"ReactPHP" [Çevrimiçi]. Available: http://reactphp.org [Erişildi: 20 Aralık 2018].

PERFORMING AND COMPARING PERFORMANCE TESTS FOR A MOBILE APPLICATION WITH A BROAD USER BASE

Emre ŞİMŞEK[*]
[*]*Selçuk University, Grudaute School of Natural Sciences, Department of Information Technology Engineering, Konya, Turkey*
E-mail: emrebarissimsek@gmail.com

Furkan ERSÖZ[**]
[**]*Selçuk University, Grudaute School of Natural Sciences, Department of Information Technology Engineering, Konya, Turkey*
E-mail: ersoz.furkan.06@gmail.com

Fatih BAŞÇİFTÇİ[***]
[***]*Selçuk University, Faculty of Technology, Department of Computer Engineering, Konya, Turkey*
E-mail: basciftci@selcuk.edu.tr

Abstract: In this study, we share performance tests and test results on devices for a mobile application with high performance, usability, and scalability requirements. In this context, based on the needs of the end-user of this application we conducted the performance test, we realized the test experiences on real devices and emulators. Performance testing techniques for the application discussed are provided by using methods that must be covered by each mobile application at a minimum. As a result of performance tests, the main problems of the application are determined. In line with these problems, the problems that arise as a result of performance tests on real devices and emulators have been discussed separately. The advantages and disadvantages of each other were experienced and the benefits and results were shared.

Keywords: Mobile environment, Software testing, Performance testing, Android mobile application, Real devices and emulators

Introduction

In the process of development and development of today's computer technology, it is observed that computers are turned from desktop to laptop and now to mobile devices. In today's internet age, the way to access information is through a network-based device, which is an easier way than conventional methods (Gartner, 2014). With the expansion of wireless ports, users now prefer mobile devices instead of computers to make their work easier. We Are Social and Hootsuite's annual internet and social media statistics “digital 2019 in Turkey” are evidence of why investments in mobile platforms and internet today are so much. According to the information given in Fig. 1, almost all of the population in our country is owned by a mobile device.

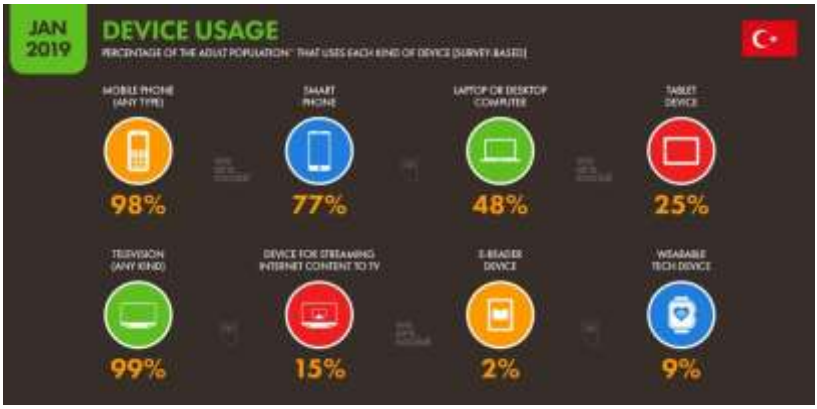


Fig. 1. Turkey Electronic Device Usage Statistics

With the increasing use of mobile devices and related software, the need for software quality to be very high has come up. Software testing is performed to check the quality, reliability, accuracy, and completeness of the software tested during the software development process (Takgil, 2016). The software performance test process is a very well performed software, a basic measure that will directly affect quality.

Emulators that mimic the functions of these devices are used because of the fact that the actual devices to be tested are more devices. Emulators that host almost all mobile platforms and versions also benefit the user in terms of time and price. For this reason, the test process of our mobile application was carried out on the Genymotion Android Virtual Devices emulator.

The mobile application, which is the subject of this study, addresses an important audience because it is intended to use approximately 2800 fishermen according to March 2019 Ministry of Agriculture and Forestry, which is engaged in hunting in Turkey and international waters. For this reason, it is aimed that software performance test process be carried out successfully in accordance with the steps determined in material method section in terms of sustainability and quality of the application.

In this study, software performance tests that are available in the literature survey section will be discussed. The materials and methods section provides information about the content of the testing process of our mobile software. In the application section, it will be explained with analytical methods and technical details on how the software is applied on real devices and emulators which are two environments to be tested. In the conclusion section, the results obtained as a result of the tests will be compared.

Literature Research

When research is carried out on this study, Heejin Kim first performs a performance test study on the unit test level of mobile applications (Kim et al., 2009). In this study, a mobile application has been compared in terms of the criterion periods determined as a result of the performance tests performed on

both the real device and the emulator. According to this study, according to the criteria set in Table 1, the test results on the emulator and the real devices were shared.

Table 1. Device performance comparisons according to Heejin Kim's work

Test Device	Test Result	Determined Criteria
The Emulator	Passed	When done within expected time
	Failed	When performed longer than expected
	Error	When an error occurs
Real Device	Maybe Pass	If the estimated time is shorter than expected
	Maybe Fail	If the estimated time is longer than expected
	Unknown	If the estimated time cannot be determined

From another point of view, Selvam says that since the emulators do not have some physical access to the real devices, it is stated that it is not appropriate to perform the test only on the emulator. Selvam also highlights the need to choose a test environment based on the purpose of the mobile application. Thus, if the mobile device is operating on the device side and the features to be tested are supported by the emulator, it has stated that there is no need to be tested on the real devices. However, based on the application's geographical positioning characteristics and the presence of users in various networks, it has emphasized that testing on real devices is inevitable (Selvam and Karthikeyani, 2011).

The Turkish Software Quality Report, prepared by the International Software Testing Qualifications Board (ISTQB) and Turkish testing board (TTB), contains the statistics on which devices are used for performance and testing in mobile applications. In this context, 250 software development firms in their mobile applications performance tests on which devices on which information was collected and presented to us. According to this, 38.1% of software developers tested applications on the emulator, 37.3% on real devices.

As a result of the research, it was observed that it would not be possible to test all the services provided by mobile applications on the emulators (Myers et al., 2011). In this context, BrowserStack compares the properties that can be tested on real devices and emulators in line with the interactions that it receives over thousands of customers.he published a list in the book (BrowserStack, 2019).

Table 2. Mobile application functions on emulator and real devices

Mobile Application Functions	Emulators	Real Devices
Application basic functionality and user interface layout	✓	✓
Application load speed	✗	✓
Test outages, battery consumption, CPU and memory usage	✗	✓
Basic movements (tap, swipe, zoom, pinch, compress and zoom)	✗	✓
Colors and resolutions that vary in various display densities	✗	✓
User interface performance	✗	✓
Hardware function (Bluetooth, camera, GPS and more))	✗	✓
Device configurations (chipsets, memory, etc.) application performance	✗	✓
100 % true accuracy	✗	✓

Material and Method

In this study, we aimed to provide a software that pays attention to the end user on behalf of quality and availability. Since the software has a public share as its purpose of use, it is a principle to complete the testing and performance processes. In order to achieve this goal, first of all, considering the features that the software contains, we see which test procedures will be carried out. As a result of the research, it was found that it was useful to examine the test processes that mobile software should contain in 6 steps. These:

• **Functional test:** Testing whether the application is functional for users (TechnoFace, 2018). In this test step, it is usually checked to see if all the necessary steps are working in the application. If changes are made in the application, a regression test should be performed to determine whether a situation could cause software errors.

• **Performance test:** The test performed on the database engine used in the application and the performance rate. In low shooting and low battery conditions,

it is the process of checking how the application works and whether there are errors such as memory overflow in the application (TechnoFace, 2018).

• **Security test:** The main goal of the security test is to determine whether the data and network (Wi-Fi mobile connectivity or Bluetooth) security requirements in the application are appropriate. It is necessary to analyze the security vulnerabilities in the application and correct them by using a variety of methods.

• **Usability test:** The purpose of this test should be to measure whether the application has already achieved its intended purpose and the success of the mobile application. In terms of usage, for example, the application keys should be checked to see if they are of the required size, considering the large fingers. Whether menus and content in the application provide a quick return to the user should also be evaluated under this test.

• **Compatibility test:** all devices must be tested to test compatibility with the devices on the platform where the application is running. This allows you to observe how the application behaves in different resolutions and versions.

• **Recoverability test:** When a crash occurs in the application, what recovery options can be determined and the test process should be carried out according to it and tests should be done to determine the problems that may occur during the installation, update and deletion of the application.

Performance test types can be diversified more in line with different needs, and so many performance test types have been reported in the literature (Black, 2014). For the implementation we have implemented, the tests given in the titles above have been applied and the results of the problem we have identified in this context have been sufficient to see. The results of the test procedures performed on real devices and emulators of the application were presented in the application and the results.

Application

The test processes included in the materials and methods section for the Android-based mobile application were implemented. These test processes were performed on both real devices and virtual devices created on the Genymotion emulator. The Samsung Galaxy S6 7.0 API 24 as a device for testing the application is addressed to the Genymotion emulator that contains the same features and equipment as the actual device. First, the application for Functional Testing is installed on both the real device and emulator via Android Studio.

Fig. 2 shows the steps in which this application is made up of has been given. According to the figure, the user applied all the features required by the software on both devices on the main screen and no problems were encountered. In the ongoing section of the application, hunting activity information on the form entry screen, the required Bluetooth connection request has been returned to the user that Bluetooth request exists on the actual device. But the application on the emulator has been unexpectedly stopped. The reason is that the application is running in the background on the device to search for a Bluetooth adapter to open it, but Genymotion and all other emulator programs do not have a Bluetooth

function in this section of the error was determined. The software has been updated to troubleshoot and maintain emulator tests.

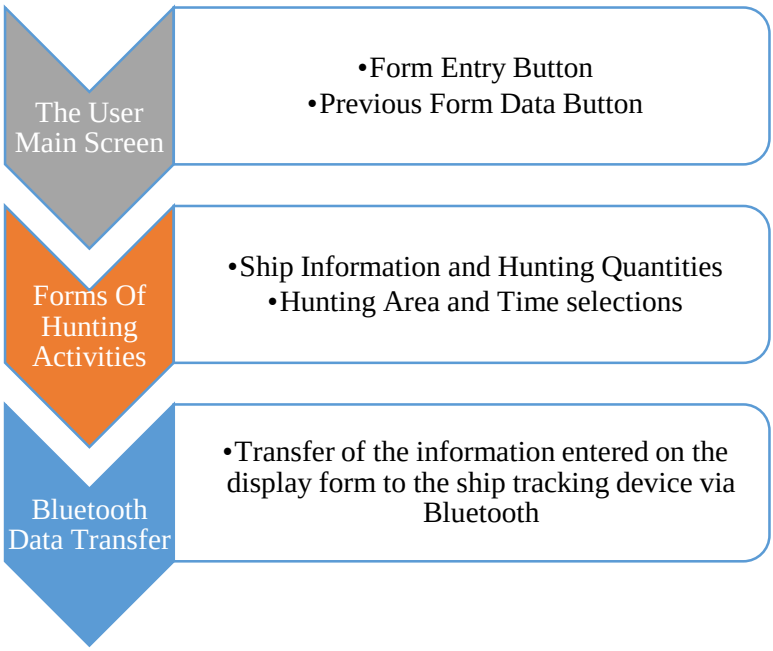


Fig. 2. Main lines and properties of the application

In terms of compatibility testing, there is no difference between the two devices in terms of resolution and visual quality of the software. In Fig. 3, the results obtained after performing performance, safety and usability tests of the application on both devices are graphically presented.

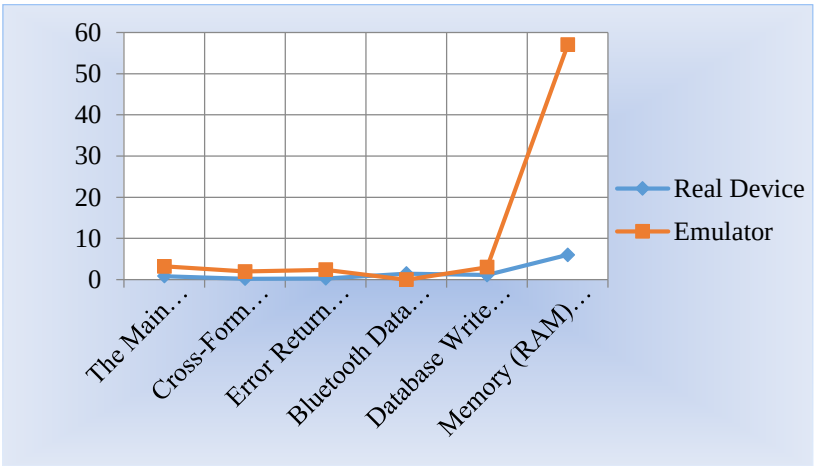


Fig. 3. Real device and emulator test results graph

A series of operations were performed on both devices for the recovery test, which is the last test Step. It has been observed that the Android Package (APK) file created during the installation of applications on both devices was successfully installed during each update process. Then, APK files were deleted from devices and the installation was performed from scratch and no error was returned.

Result and Discussion

The performance tests of a mobile application addressing the broad user subject of this study were performed on the real device and emulator, and comparison operations were made according to the parameters given in Fig. 2. As a result of these comparisons, the only negative for the two test parameters was the inability to transmit data via the emulator. In favor of the emulator, all types and versions of real devices (mobile phone, tablet, etc.). Because the device cannot be obtained, it provides the opportunity to test all supported devices and their respective versions on the emulator. As a result of the determined performance test steps and parameters, Fig. 4 shows the usability percentage of the actual devices and emulators.

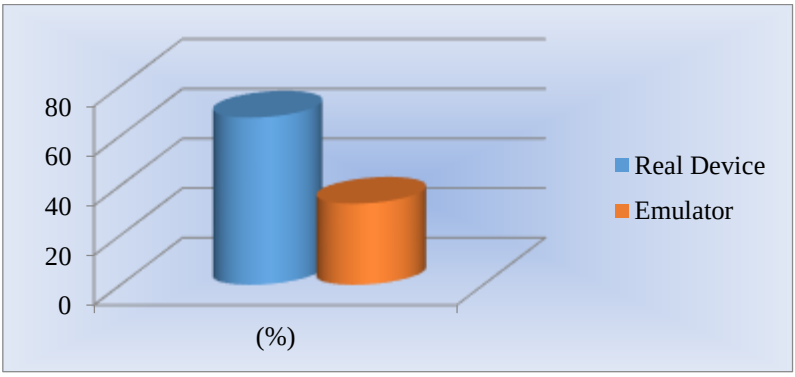


Fig. 4. Usability chart for performance testing

According to the graph, real devices (67.32%) obtained more efficient results than emulators (32.68%) for performance tests in a mobile application.

As a result, as a result of the experience obtained from mobile application of the form interfaces of the screen view and version tests on the emulator, hardware and emulator does not support all the features on real devices as possible to test the stability of the software is more appropriate.

References

Black, R., (2014) Advanced Software Testing-Vol. 2: Guide to the Istqb Advanced Certification as an Advanced Test Manager. Rocky Nook, Inc.

BrowserStack, “Testing your mobile apps on Anroid emulators” https://www.browserstack.com/test-on-android-emulator Access Date: 24.04.2019

Gartner, “Gartner says worldwide traditional pc, tablet, ultramobile and mobile phone shipments to grow 4.2 percent in 2014” (2014), https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2014-07-07-gartner-says-worldwide-traditional-pc-tablet-ultramobile-and-mobile-phone-shipments-to-grow-4-percent-in-2014
Access Date: 01.05.2019

Kim, H., Choi, B., Wong, W. E. (2009). Performance testing of mobile applications at the unit test level. In 2009 Third IEEE International Conference on Secure Software Integration and Reliability Improvement , pp. 171-180

Myers, Glenford J., Corey Sandler, and Tom Badgett. (2011) The art of software testing. John Wiley & Sons.

Selvam, R., Karthikeyani, V. (2011). Mobile Software Testing- Automated Test Case Design Strategies. International Journal on Computer Science and Engineering, 3(4), 1450-1461.

Takgil, B., (2016), “Android Mobil Uygulamalar İçin Yazılım Testi.” El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 3(2).

TechnoFace, (2018) “Mobil Dünyada Yazılım Testi”, http://www.technoface.com/mobil-uygulama-testleri/
Access Date: 15.04.2019

SUSPECTED ACTIVITY DETECTION USING BIG DATA ANALYTICS

Ahmet Ercan TOPCU*

**Ankara Yıldırım Beyazıt University, Department of Computer Engineering, Ankara, Turkey, Email: aetopcu@ybu.edu.tr*

and

College of Engineering and Technology, American University of the Middle East, Kuwait, E-mail: ahmet.topcu@aum.edu.kw

Hüsrev Abdulcelil KARACABEY**

***Ankara Yıldırım Beyazıt University, Department of Computer Engineering, Ankara, Turkey, Email: husrevkaracabey@gmail.com*

ABSTRACT

This study proposes a big data analytics methodology to analyse data that are available from many institutions for providing safety to the citizens in their daily life. If the crime happened, the damage would already done to the victims. So, the best interest for the law enforcements is to prevent a crime before happening. We believe that in order to have effective criminal activity prevention, law enforcement needs to implement data driven approaches, solutions and real time processing of data. In this study we suggested to use CDR(Call Detail Records), ANPR(Automatic Number Plate Recognition), API/PNR(Advanced Passenger Information/Passenger Name Records) data. While combining these we have a methodology that is a force multiplier for law enforcement in their duty to counter criminal activities.

Keywords: Big data, security, data, analysis, detection, law enforcement, CDR, ANPR, API/PNR.

1. INTRODUCTION

The aim of this study is to build a methodology to find the suspected activities of individuals and objects using data analysing to prevent future criminal acts.

Big data consist of extremely large data sets that could be analysed computationally to reveal patterns, associations, etc. Big data is larger, more complex data sets than traditional ones. These massive volumes of data can be used to address security problems that we wouldn't have been able to solve before. Some of the data sets we will be mention in our study are an example of Big data such as CDR data, API/PNR data and ANPR data.

If the crime happened, the damage is already done to the victim or victims. It is in law enforcements best interest to prevent a crime before its happened, this study is structured around crime prevention.

We want to prevent crime, to do that we assume, we have to pinpoint the individuals who are most likely to commit crime. We must analyse real-time data and combine it with archive data to assess a risk to an individual or an object such as a vehicle.

The conventional law enforcement approach is mainly dependent on the experience of the servicemen thus it is really difficult to generalize their experience and apply it to real world. And above all the conventional approach usually loses its prevention capability because it can act very late. We believe that to effectively prevent crimes, law enforcement need to implement methods thats data-driven and continuous. There have been studies [1] which maps potential crime spots and uses Machine learning techniques which assists crime prevention, and a police big data analytics platform [2] are good examples for data-driven approaches for law enforcement work.

1.1 SR – Suspicion Rate

In the algorithm there is term called **Suspicion Rate (SR)**. Everything whether an individual or an object has a SR associated with. SR is numerical value. It starts from zero and goes to infinity. We constantly increase or decrease the SR of the individual or object by analysing its activities.

1.2 AV – Action Value

Action Value is a numerical value. Everything whether an individual or an object has an AV associated with. If Suspicion Rate for an individual or an object reaches or surpasses Action Value, it means there is a high possibility for a criminal action could take place that includes the individual or the object.

2. DATA

The data for this algorithm will consist of data sets which are indicate an action of an individual or an object, archive records of the individual and other processed data. Such as CDR (Call Detail Records), ANPR(Automatic Number Plate Recognition Data), API/PNR (Advance Passenger Information/Passenger Name Records), Background Information (criminal records, etc.).

2.1 CDR-Call Detail Record

CDR is a record that contains detailed information about a telecom transaction, such as call start time, end time, duration, call parties, cell ID,

requested websites [3]. It is produced by telephone call and documents the details of a transaction.

CDR has the 3Vs characteristics of Big Data (Volume, Variety, Velocity), therefore it can be seen as a Big Data source [3]. There are examples of solutions which use CDR data such as a Social Network Analysis system [4] which uses CDRs to classify influential subscribers, a system allows criminal investigations on CDR based on the criterions and queries by anti crime teams [5].

2.2 ANPR-Automatic Number Plate Recognition

Automatic Number Plate Recognition (ANPR) data are generated by cameras that are installed at road crossings and transmitted to a central datacenter of traffic management department continuously [6]. Automatic Number Plate Recognition is a technology that uses optical character recognition to read vehicle registration plates to create vehicle location data. ANPR can be used for variety of things such as vehicle activity classification [7], monitoring traffic signal violations [8] etc.

2.3 API-Advance Passenger Information, PNR-Passenger Name Records

The Advance Passenger Information Data or API is an electronic data interchange system data that contains information about a passenger's **full name, gender, date of birth, nationality, travel document number, booking data,** etc.

Passenger Name Record (PNR) is a set of data created when a travel reservation is made. It is generated by airlines or authorized agents such as travel agencies and standardized by the International Air Transport Association [9]. It archives the airline travel itinerary for the individual passenger and a group of passengers travelling together [10]. PNR consists of the personal information for a passenger including; **full name, gender, date of birth, nationality, travel document number, booking data,** etc.

Passenger data are used by airliners for variety of purposes for instance to find influential passengers, to offer better service for their customers to increase their loyalty, finding customer behaviour or to being one step ahead of competition. We can consider the Passenger data as Big Data because it has characteristics of Big Data (Volume, Variety, Velocity). There is also a study that uses PNR to predict passenger nationality [9]. In our case the data are used for security purposes.

2.4 LOTRF-Location and Time Risk Factor

The LOTRF (Location and Time Risk Factor) data is a processed data that we create for the algorithm. It's about how much risk a location poses at a certain time. It consists of **location, time and value (an integer value)**.

The data is created by analysing the law enforcement records of criminal activities. We are interested in time, location and the criminal activities that taken place at that location and time of those criminal activities.

We assume there is a correlation of future criminal activities and the past criminal activities for a location. The data will have a numerical value for each time interval at specific location.

2.5 PSF-Personal Suspicion Factor

The PSF (Personal Suspicion Factor) data is a processed data that we create for the algorithm. It is a numerical value ranges from zero to infinity. To calculate the PSF we must analyse the law enforcement criminal records of individuals.

We assume there is a strong correlation between an individual's criminal past and future criminal activities. If an individual's PSF is higher, the law enforcement must give more attention to that individual’s activities.

2.6 VSF-Vehicle Suspicion Factor

The VSF (Vehicle Suspicion Factor) data is a processed data that we create for the algorithm. It is a numerical value ranges from zero to infinity. To calculate the VSF, we must analyse law enforcement criminal records.

2.7 TASF-Togetherness Analysis Suspicion Factor

The TASF (Togetherness Analysis Suspicion Factor) data is a processed data that we create for the algorithm. It is a numerical value ranges from zero to infinity. To calculate the TASF, the algorithm uses CDR and ANPR data.

We assume if the individuals or vehicles move together, that indicates a risk for criminal activities. We assume If multiple individuals or vehicles move or act as a group and all or some of the individuals or vehicles have high PSF or VSF values they are likely commit a crime and law enforcement should intercept their activities.

To find togetherness within a group of people the algorithm uses CDR data. Since CDR data indicate connection between people and it has location information. The algorithm could look into the connections and interactions between the group and analyse their location information to see if they are moving together. After detection of togetherness, the algorithm will calculate the TASF, which is the sum of all PSF values of the individuals within the group then manipulate their SR.

To find togetherness within a group of vehicles the algorithm uses ANPR data. Since ANPR data has information about time, location about vehicles movements, algorithm could detect if multiple vehicles move together. There are studies about detecting multi-vehicle convoy scenarios using ANPR data [11].

After the algorithm detects the togetherness, it will look for the VSF value for the each vehicle, calculate the TASF, which is the sum of all VSF values of the vehicles within the group and manipulate their SR with TASF value.

3. DETECTION METHODOLOGIES

Our aim is to construct an algorithm. The algorithm can run in certain intervals, constantly or fired by an action (a phone call, an ANPR detection, a check-in at the airport). After the initiation, the algorithm starts to analyse the data and manipulate the SR.

SR value will be manipulated separately by each different activity. All activities will increase the SR either with zero or any other positive integer value. Reduction of the SR values will be depended on time that there is no increase on SR value for the individual or object.

After the alarm is given, law enforcement units can patrol the area, make ID checks or move their personal to critical areas to be a deterrent for possible crimes. And we believe that by acting proactively we can reduce the crime rates and improve the safety and well being of citizens.

3.1 CDR-Call Detail Record

Call Detail Records shows an interaction between individuals, it also has attributes that shows the time and location of the interaction, in our methodology after the detection of the individuals by CDR data, the PSF (Personal Suspicion Factor) will be retrieved for both, then LOTRF (Location and Time Risk Factor) will be retrieved according to their location and time information. Then the algorithm will increase each parties SR (Suspicion Rate) according to sum of their PSF and locations LOTRF values.

These are main steps for CDR analysis;

After a CDR record is created for A and B;

- Step 1: Check the PSF of A
- Step 2: Check the PSF of B
- Step 3: Check the LOTRF value of A’s location with respect to time
- Step 4: Check the LOTRF value of B’s location with respect to time

- Step 5: Calculate the SR increase of A by adding the PSF and the LOTRF value
- Step 6: Calculate the SR increase of B by adding the PSF and the LOTRF value
- Step 7: Calculate the sum of the SR increase of A and B, then increase the SR of A and B with the calculated value
- Step 8: Check if either A or B reaches their respective Action Value
- Step 9: Alarm the law enforcement if either A or B reach their respective AV

3.2 ANPR-Automatic Number Plate Recognition

Automatic Number Plate Recognition data shows the movement of vehicles. It has attributes that include information about the time, location of the cameras, plate number, etc. In our methodology after the detection of movement of the vehicle, the VSF (Vehicle Suspicion Factor) of the vehicle, PSF (Personal Suspicion Factor) of the owner and the LOTRF (Location and Time Risk Factor) will be retrieved. Then the algorithm will increase the vehicles and owners SR (Suspicion Rate) by the sum of the mentioned VSF, PSF and LOTRF values.

After the manipulation of the vehicles and the owners Suspicion Rate, if either the vehicles or the owners SR reaches its respective Action Value, an alarm should be created for both of them and an appropriate action by law enforcement should be taken.

These are main steps for ANPR analysis;

After an ANPR record is created for the vehicle A;

- Step 1: Check the LOTRF value of A's location with respect to time
- Step 2: Increase the SR of the A and owner of the car with the LOTRF value
- Step 3: Check the VSF of A
- Step 4: Increase the SR of the A and owner of the car with the VSF value
- Step 5: Check the PSF of the owner of the car
- Step 6: Increase the SR of the A and owner of the car with the PSF value
- Step 7: If either A or the owner reach their respective Action Value, alarm the law enforcement

3.3 API/PNR- Advance Passenger Information/Passenger Name Records

Advance Passenger Information and Passenger Name Records data shows us the movement of passengers regionally and around the globe, they have attributes that include information about passengers personal data, booking details, travel documents, etc. In our methodology after the detection of the movement of passengers the PSF (Personal Suspicion Factor) will be retrieved. Then the algorithm will increase the passengers SR (Suspicion Rate) by his/her PSF value.

These are main steps for API/PNR analysis;

After an API/PNR record is created for passenger A;

- Step 1: Check PSF of A
- Step 2: Increase the SR of the A with PSF value
- Step 3: If passenger A reaches his/her respective Action Value, alarm the law enforcement

3.4 TASF-Togetherness Analysis Suspicion Factor

For detecting togetherness, the algorithm must do analysis on CDR and ANPR data constantly and in real time. We assume a group of people with high PSF values, or a group of vehicles with high VSF values in total is an indicator of a likely criminal activity. TASF value is the sum of the PSF values of the individuals or sum of the VSF values of the vehicles that move together. When the algorithm detects togetherness within a group of people or vehicle, it will increase their SR with the calculated TASF value. Then if any of the individual or vehicle within the detected group reaches its Action Value, an alarm for all of the group of individuals or vehicles should be created and law enforcement should intercept the groups activities.

To detect togetherness of vehicles, COINCIDENT (Closed Travelling Companion Discovery on ANPR Data Stream) algorithm can be used to instantly and continuously discover vehicles that move together as travelling companions on live data stream effectively in near real time [6]. Then our algorithm can continue by checking VSF values of vehicles within the group, calculate TASF than manipulate Suspicion Rate of vehicles.

To detect togetherness of people, we propose to use CDR data. Main reason is it shows interaction between people through telecom systems and has location information. Our algorithm could use clustering techniques on mobile users based on location information in CDR data, then combining it with communication (interaction) data within the CDR to detect togetherness in real time or near-real time. Then our algorithm could check all of the PSF values of the detected group of people, calculate TASF value and manipulate their Suspicion Rate.

These are main steps for Togetherness (TASF) analysis;

After detection of togetherness of individuals from the CDR data;

- Step 1: Check all the PSF values of the group of individuals
- Step 2: Calculate the TASF (sum of all PSF values)
- Step 3: Increase the SR of all individuals in the group by the TASF value
- Step 4: If any of the individual within the group reaches his/her AV, alarm the law enforcement

After detection of togetherness of vehicles from ANPR data;

- Step 1: Check all the VSF values of the group of vehicles
- Step 2: Calculate the TASF (sum of all VSF values)
- Step 3: Increase the SR of all vehicles in the group by the TASF value
- Step 4: If any of the vehicle within the group reaches its Action Value, alarm the law enforcement

3.5 Overall Detection Methodology and System Architecture

Over all, in our algorithm all the events will cause increase in Suspicion Rate, as we mentioned before our basic assumption is; to commit a crime, a movement or an activity is needed. There is only one way to reduce the Suspicion Rate and it is dependent on time period that there is no increase in SR. When the SR for an individual or an object reaches its Action Value, an alarm will be created for law enforcement. In the methodology, the events that increases SR are as follows;

- Detection in CDR analysis
- Detection in ANPR analysis
- Detection in API/PNR analysis
- Detection of togetherness in TASF analysis

The above mentioned four analysis types will increase SR, but the algorithm is extendable and not limited to those four, we can introduce more real-time data and analysis to the algorithm that can contribute in suspicion detection.

The overall architecture;

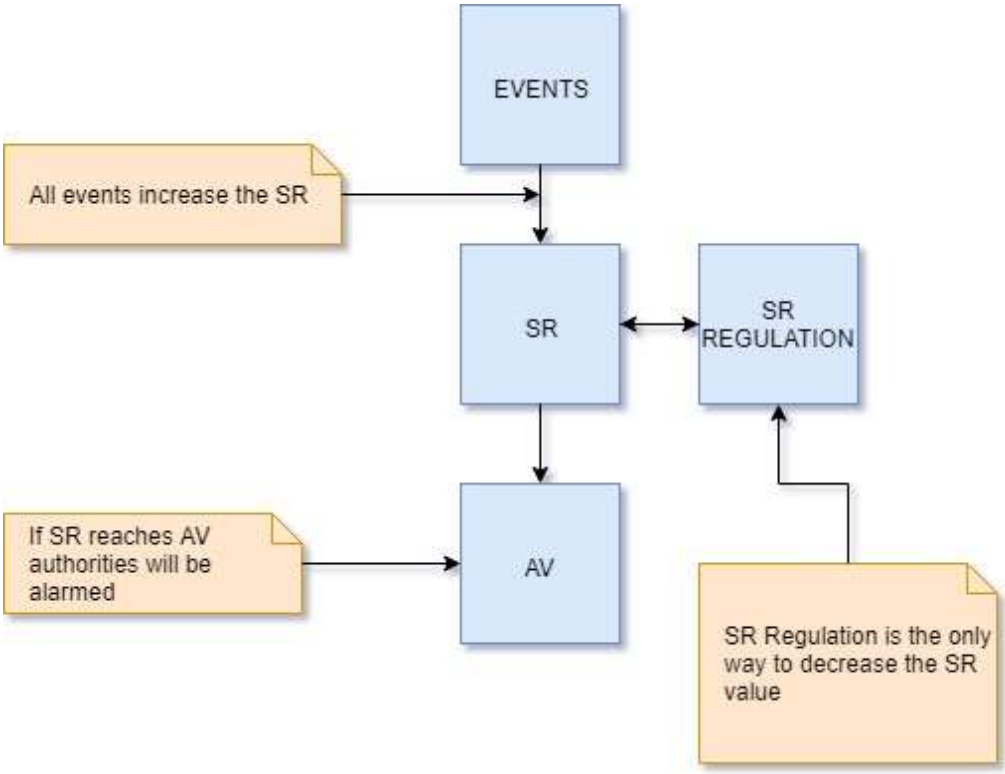


Figure 3.1 Overall architecture

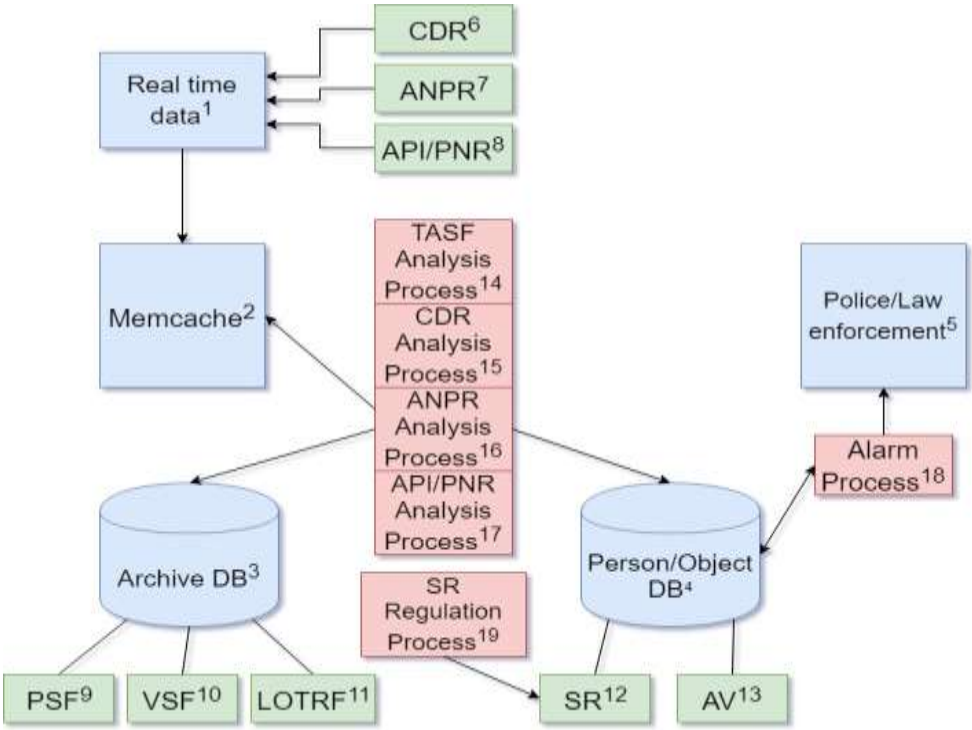


Figure 3.2 Architecture of the proposed system

In Figure 3.2 we represent and propose the system architecture for our detection methodology. These are the parts of the architecture;

1. Real time data: The real-time data come to the system from multiple sources and organizations. For instance telecom companies, airliners, traffic management authorities. The data will be sent to the Memcache system.
2. Memcahce: We need to analyse real-time data and because of that we don't have to store it for long period of the time. We suggest storing the data from 15 to 30 minutes. After that period the data will be deleted. For memcache we suggest to use Redis. But any kind of in memory data structure can be used as a temporary database for the real-time data. To host the Memcache virtualization technology could be used for better resource management.
3. Archive DB
4. Person/Object DB
5. Police/Law enforcement
6. CDR

7. ANPR
8. API/PNR
9. PSF
10. VSF
11. LOTRF
12. SR
13. AV
14. TASF Analysis Process
15. CDR Analysis Process
16. ANPR Analysis Process
17. API/PNR Analysis Process
18. Alarm Process
19. SR Regulation Process

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

In this study we propose a methodology for detecting suspected activities. In this methodology the basic assumption is; to commit a crime, a movement or an activity is needed. For this study the following data types are mentioned; CDR (Call Detail Record), ANPR (Automatic Number Plate Recognition), API/PNR (Advanced Passenger Information/Passenger Name Records). These three data types have one thing in common they represent a movement, and the methodology regulates the Suspicion Rates of individuals and objects accordingly.

The methodology is pretty flexible and it is not bind to only above mentioned data types for SR manipulation. It can be extended and updated according to needs by introducing new data types or changes in technology, such as 5G cellular network technology.

We believe that law enforcement agencies should implement this methodology and find a way to fuse different data into it for crime prevention purposes, we believe that this methodology can improve the ability of law enforcement services to counter criminal activities in this era of big data. Combining this methodology with the experience of the law enforcement servicemen could improve the security and safety of the citizens of the world and provide a hopeful insight into the future.

REFERENCES

[1] Lin, Y.-L., Chen, T.-Y., & Yu, L.-C. (2017). Using Machine Learning to Assist Crime Prevention. 2017 6th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI). Presented at the 2017 6th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), IEEE, 1029-1030. doi: 10.1109/iiai-aai.2017.46

[2] Yu, H., & Hu, C. (2016). A Police Big Data Analytics Platform: Framework and Implications. 2016 IEEE First International Conference on Data Science in Cyberspace (DSC). Presented at the 2016 IEEE First International Conference on Data Science in Cyberspace (DSC), IEEE, 323-328. doi: 10.1109/dsc.2016.84

[3] Elagib, S. B., Hashim, A.-H. A., & Olanrewaju, R. F. (2015). CDR analysis using Big Data technology. 2015 International Conference on Computing, Control, Networking, Electronics and Embedded Systems Engineering (ICCNEEE). Presented at the 2015 International Conference on Computing, Control, Networking, Electronics and Embedded Systems Engineering (ICCNEEE), IEEE, 467-471. doi: 10.1109/ICCNEEE.2015.7381414

[4] Magnusson, J., & Kvernvik, T. (2012). Subscriber classification within telecom networks utilizing big data technologies and machine learning. Proceedings of the 1st International Workshop on Big Data, Streams and Heterogeneous Source Mining Algorithms, Systems, Programming Models and Applications - BigMine ’12. Presented at the the 1st International Workshop, ACM Press, 77-84. doi: 10.1145/2351316.2351327

[5] Khan, S., Ansari, F., Dhalvelkar, H. A., & Computer, S. (2017). Criminal investigation using Call Data Records (CDR) through Big Data technology. 2017 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE). Presented at the 2017 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE), IEEE, 1-5. doi: 10.1109/icnte.2017.7947942

[6] Zhu, M., Liu, C., Wang, J., Wang, X., & Han, Y. (2016). A Service-Friendly Approach to Discover Traveling Companions Based on ANPR Data Stream. 2016 IEEE International Conference on Services Computing (SCC). Presented at the 2016 IEEE International Conference on Services Computing (SCC), IEEE, 171-178. doi :10.1109/scc.2016.29

[7] Sun, Y., Zhou, X., Sun, L., & Chen, S. (2014). Vehicle Activity Analysis Based on ANPR System. 2014 12th IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing. Presented at the 2014 12th IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC), IEEE, 89-96. doi: 10.1109/euc.2014.22

[8] B., C., K.V., K., D., R., & Sandeep, R. (2017). Monitoring Traffic Signal Violations using ANPR and GSM. 2017 International Conference on Current Trends in Computer, Electrical, Electronics and Communication

(CTCEEC). Presented at the 2017 International Conference on Current Trends in Computer, Electrical, Electronics and Communication (CTCEEC), IEEE, 341-346. doi: 10.1109/ctceec.2017.8455045

[9] Mottini, A., & Acuna-Agost, R. (2016). Relative Label Encoding for the Prediction of Airline Passenger Nationality. 2016 IEEE 16th International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW). Presented at the 2016 IEEE 16th International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW), IEEE, 671-676. doi: 10.1109/icdmw.2016.0100

[10] Chen, S., Zhu, J., Xie, Q., Huang, W., & Huang, Y. (2015). Understanding Airline Passenger Behavior through PNR, SOW and Webtrends Data Analysis. 2015 IEEE First International Conference on Big Data Computing Service and Applications. Presented at the 2015 IEEE First International Conference on Big Data Computing Service and Applications (BigDataService), IEEE, 323-328. doi: 10.1109/bigdataservice.2015.48

[11] Homayounfar, A., Ho, A. T. S., Zhu, N., Head, G., & Palmer, P. (2011). Multi-vehicle convoy analysis based on ANPR data. 4th International Conference on Imaging for Crime Detection and Prevention 2011 (ICDP 2011). Presented at the 4th International Conference on Imaging for Crime Detection and Prevention 2011 (ICDP 2011), IET, 1-5. doi: 10.1049/ic.2011.0135

NESNELERİN İNTERNETİ (İOT)'NİN SAĞLIK ALANINDAKİ MEVCUT KULLANIM ALANLARI VE ÇEŞİTLİ UYGULAMALARI

Fatih Gürcan*

**Gazi University, Department of Computer Engineering, Ankara, Turkey*
E-mail: fatih.gurcan1@gazi.edu.tr

Özet: Nesnelerin İnterneti kavramı yani IoT (Internet of Things) teknolojisi akıllı denilen cihazların birbirleriyle ve kullanıcılarla iletişime geçmesi ve genellikle anlık bilgi sağlamak için haberleşmesidir. Nesnelerin İnterneti kavramının günlük yaşama dahil ettiği kavramlar arasında haberleşen küçük ev aletlerinden akıllı şehirlere kadar çok çeşitli sistemler mevcuttur. Akıllı diye tabir edilen bu sistemler, koşullara göre harekete geçebilmekte ve donanımına bağlı olarak gerekli bilgileri sistem yöneticisine sağlamaktadırlar. Ayrıca ürettikleri veri yığınları daha sonra yapılabilecek analizlere kaynak oluşturmaktadırlar. Uygulandığı her sektörde çeşitli kolaylıklar sağlayan "Nesnelerin İnterneti" kavramı sayesinde zaman içinde sağlık sektörüne yönelik çeşitli uygulamalar geliştirilmiştir. Nesnelerin İnterneti kavramı ile birlikte ortaya çıkan "Canlıların İnterneti" başlığı altında insanlar için "Giyilebilir Teknolojiler" ve hayvanlar için çeşitli "Hayvanların İnterneti(Internet of Animals (IoA))" uygulamaları geliştirilmiştir. Bu çalışmada hasta-doktor etkileşimini geliştiren çeşitli "giyilebilir teknoloji" uygulamaları, insanların biyolojik ve fizyolojik sağlık durumunu vücut içinden ölçümleyebilen anlık takip ve görüntüleme uygulamaları incelenmektedir. Hayvanların interneti yaklaşımıyla hayvan bilimciler ve çevre bilimciler için çok değerli olan yaban hayvanlarının davranış örüntülerini belirlemeyi sağlayan uygulamalar incelenmektedir. Ayrıca üretim hayvanları için de, hayvan sağlığının sürdürülmesi ve verimliliğinin yüksek tutulmasını sağlayan çeşitli anlık takip ve görüntüleme uygulamaları incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Nesnelerin İnterneti, Sağlık, Hayvan Sağlığı, Büyükbaş Hayvanlar, Rumen, SARA, Verimlilik

Abstract: The Internet of Things concept, namely IoT technology, is communication between devices called intelligent, which are able to speak to each other and users to provide instant information. There are a variety of systems ranging from small household appliances to smart cities that communicate in the concepts of the Internet of Things. These systems, called intelligent, can act according to the conditions and provide the necessary information to the system administrator depending on the hardware they have. In addition, the data stacks they produce constitute the source of the analysis that can be done later. Thanks to the "Internet of Things" concept that provides various facilities in every sector it is applied, various applications have been developed for the health sector over time. Under the title of "Internet of Things","Wearable Technologies" has been developed for people and various "Internet of Animals (IoA)" applications for animals have been developed. In this study, various wearable technology applications that improve patient-doctor interaction, monitoring applications that can measure the biological and physiological health status of people are examined. The applications which has been developed with the "Internet of Animals"approach that determine the behavioral patterns of wild animals that are valuable for animal scientists and environmental scientists are being examined. In addition, various instant monitoring applications are provided for

production animals to ensure the sustainability of animal health and efficiency of animal products.

Keywords: Internet of Things, Health, Animan Health, Cattles, Rumen, SARA, Efficiency

Giriş

Türkiye'de ekonominin önemli bir kısmı tarım ve hayvancılık temellidir. Özellikle şehir dışı yaşamın temelinde kendi kendine yetmek (kendi sütünü, yoğurdunu, peynirini, etini,… vs. sağlamak) olduğundan hayvancılık ve tarım içinde büyük oranda yem tarımı odak noktadadır. Verimlilik ve bakımında sağladığı kolaylıklarla birlikte geleneksel bir yaklaşım olarak kırsal kesim için ülke genelinde büyükbaş hayvancılık oldukça yaygındır. Büyük/orta ölçekli et entegre tesislerinin, süt üreticilerinin yanı sıra merkezi yerleşim yerlerine görece uzak köylerde bir çok evin altıda büyükbaş hayvanlar için ahır, ev ile birlikte inşa edilmiş olup, içinde de en az bir inek beslendiği görülmektedir (Tapkı ve ark.,2018).

Büyükbaş hayvancılığın temelinde et üreticiliği ve süt üreticiliği vardır. Et üretimi yapan kişi veya üretici kurum sığırların mümkün olduğu kadar çabuk kilo alıp et tutmasını, süt üretimi yapan ise günlük alabileceği süt miktarını en üst seviyede tutmayı hedefler. Sığırların işkembesinin sağlığı göz önünde bulundurulmadığında etkilenen faktörlerden biride verimlilik olduğundan, küçük üreticilerin yeterli et ve süt verimi alamadıkları, et üreticilerinin sığırlarının etinin miktar ve kalite olarak, süt üreticilerinin ise günlük aldıkları süt miktarının düşük seviyede kaldığı görülmektedir. Yüksek verimli sığır ithal edilmesi de bu duruma çare olmaktan uzaktır. İthal edilen yüksek verimli bazı sığır türlerininde verimleri düşüp, üretim miktarı olarak yerli ırk sığırlar seviyesine gerilemektedir.

Büyük ölçekli et/süt üretim tesisleri genel olarak yenilikçi yöntemlere geçiş yapmış olsa da, küçük/orta ölçekli üreticilerin hayvancılık yöntemlerinin geleneksel olduğu, yeterli eğitimin olmadığı, kulaktan dolma bilgiler ile hayvancılık yapıldığı ve bu yüzden hayvan ölüm oranının yüksek, üretim veriminin düşük olduğu görülmektedir.

Büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde doğru yemleme, hayvanın sağlığı ve verimliliği için çok önemlidir. Hem iyi gelişim, hem sağlık, hem de yüksek verim için kesif yem (konsantre yem), doğal yem çeşitlendirmesinin doğru yapılması gerekir. İşkembenin sağlığı, dolayısıyla sığırın sağlığı ve verimliliği için doğru zamanda doğru yemin verilmesi ile işkembe içindeki mikrobiyal dengenin korunması, sığırı çeşitli hastalıklardan korur, verimliğini artırır. İşkembenin sağlığı için en önemli etkenlerden birisi de işkembe içi ph dengesidir. Bu dengenin sağlanması, olması gereken değerlerde tutulması, iç ortam canlı dengesinin korunması, sığırın, sonucu ölüme kadar gidebilecek çeşitli hastalıklardan korunması için oldukça önemlidir. Sığırın sağlığını doğrudan etkileyen işkembe sağlığı için, işkembe içi ortam ph ve sıcaklık değerlerini ölçümleyip değişimlerden en kısa sürede haberdar olmak ve

müdahale edilmesini sağlamak için kablosuz ağlar ve nesnelerin interneti temelli çeşitli sistemler geliştirilmektedir.

Bu kapsamda, bu çalışma ile nesnelerin interneti kavramı, sağlık alanında kullanımı ve çeşitli uygulamaları, ph dengesinin ve sürekli izlenmesinin sığırların sağlığı için önemi ve çeşitli uygulamaları ortaya konulmaktadır.

1. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti kavramı, her türlü nesnenin üzerine gerekli algılayıcı donanımları ekleyerek diğer nesnelerle veya bilgi sistemleri aracılığıyla insanlarla konuşmasını sağlamak olarak tanımlanabilir. Akıllı olarak nitelendirilen bileklikler, saatler, gözlükler, ev otomasyon sistemleri, arabalar bu kavramın birer bileşenleri olarak nitelendirilebilir (Atzori ve ark.,2010).

Nesnelerin interneti kavramı altında birleşen ürünler genellikle çeşitli mobil iletişim cihazları ve tabletler gibi araçlarla birlikte çalışarak kullanıcıyla iletişim halinde olurlar ve uygulamalar aracılığıyla kullanıcılara algıladıkları durumu bildirirler. Bazı durumlarda ise kendi aralarında veri alışverişinde bulunurlar. Bu sayede zaman, kaynak, verim odaklı sistemler geliştirilmesi mümkün hale gelmektedir (Ashton, 2009).

1.1. Nesnelerin İnterneti Kullanım Alanları

Henüz yeni bir kavram olan Nesnelerin internetinin bazı kullanım alanları aşağıda belirtilmiştir.

1.1.1 Çevre

Dünyanın kaynaklarının yönetimi nüfus artışı ile birlikte gün geçtikçe daha karmaşık bir problem haline gelmektedir. Algılayıcı tabanlı bazı cihazlar kanalizasyondan ve çöplerden veya temiz su kaynaklarından ve ormanlardan verileri toplayıp yetkililere ileterek çevreye bağlı tehditlerin boyutu hakkında bilgi vererek teşhis ve ölçümleme konusunda yardımcı sistemlerdir.

Akıllı şehirler konsepti ile çöplerin dolulukları, kullanım yoğunlukları tespit edilerek daha etkin bir şekilde toplanmasını sağlamaya yardımcı olmaktadır (Farash ve ark., 2016).

1.1.2. Enerji

Akıllı sistemlerin yardımıyla mevcut enerjinin tüketiminde verimliliği optimize ederek tasarruf sağlamak, daha uygun enerji kaynaklarının tespit edilmesi mümkündür. Ev ve ofis ortamında kullanılan sıcaklık ölçüm ve yönetimi, akıllı aydınlatma sistemleri yardımıyla tüketilen enerjinin miktarı düşürülebilmektedir (Kamelinejad ve ark., 2015).

1.1.3. Tarım

Nesnelerin interneti yardımıyla tarımsal üretimin artırılması için her adımın ve durumun gözlemlenebildiği akıllı tarlalar kurulması sağlanmaktadır. Toprağın durumu devamlı olarak okunup sulama gerekliliği, diğer değerleri bakımından toprağın durumu okunup gübreleme işleminin gerekliliği, ürünün

olgunlaşıp toplanması gerektiği veya gerekmediği, saldırgan böcek popülasyonu belirlenip, gecikmeden müdahale etme imkânı sağlanmaktadır. Bu sayede gereksiz sulama engellenerek su tasarrufu yapmakta mümkün kılınmıştır (Srinivasulu ve ark., 2017).

1.1.4. Sağlık

Hastaların genel durumu hakkında bilgi sahip olmak için özelleşmiş bazı akıllı algılayıcı cihazlar, hareket durumu, nabız, vücut sıcaklığı, kan şekeri, metabolizma hızı gibi bilgileri vücut içinden ve dışından çeşitli şekillerde algılayıp anlık olarak sağlık görevlilerine ileterek olası bir sıra dışılık durumunda reaksiyon süresini kısaltmayı mümkün hale getirmektedir (Metcalf ve ark., 2016).

1.2. Nesnelerin İnterneti ve Sağlık Alanındaki Uygulamaları

Uygulandığı sektörlere büyük kolaylıklar getiren Nesnelerin İnterneti, sağlık sektörünü de dönüştürmektedir. Temel olarak, Nesnelerin İnterneti kavramı, tedavi alan kişinin kullanacağı cihazlar yardımı ile takip edilebilmesini ve üretilen veriyle kişiye özel tedavilerin geliştirilmesini sağlama potansiyeline sahiptir. Sağlık hizmetleri, haberleşen sistemler ve yapay zekânın yardımı ile çeşitli uygulamalar hem hastanelerin verimliliğini artırmakta hem de sağlık hizmetini evlere taşımaktadır. Günümüzde yapay zekâ asistanları olarak adlandırılan çeşitli uygulamalar sağlık uygulamalarına entegre ediliyor. Bu sayede kişinin yeme içme düzeni, hareket düzeni gibi çeşitli aktivitelerine erişebilen uygulamalar kullanıcıya önerilerde bulunuyor. Ayrıca geliştirilen bir takım uygulamalar, kullanıcıların vücutlarındaki semptomları kayıt altına alarak doktorların tanı koymasına yardımcı olmayı amaçlıyor (Islam ve ark., 2015).

1.2.1. Sağlık Sektörüne Etkileri

İyileştirilmiş Tedavi Sonuçları: Bulut bilişim gibi sanal altyapı aracılığıyla bağlı sağlık hizmetleri çözümleri, sağlayıcılara gerçek zamanlı bilgilere erişme olanağı sağlar. Bu bilinçli karar vermeyi sağlar ve kanıta dayalı tedavi sunar (Philip ve ark., 2016).

Azalan Maliyetler: Gerçek zamanlı hasta izlemesi, doktorların gereksiz ziyaretlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Özellikle bağlı evde bakım tesislerinin hastane konaklamalarını ve yeniden kabulleri azaltma garantisi vardır (Mohammad ve ark., 2017).

Azaltılmış Hatalar: Otomatik iş akışları, doğru veri toplama ve veri destekli kararlar, sistem maliyetlerini düşürür ve hataları en aza indirerek israfı azaltır (Solangi ve ark., 2017).

Daha İyi Hastalık Yönetimi: Hastalar sürekli olarak izlendiğinde, sağlık hizmeti sağlayıcıları gerçek zamanlı verilere erişebilir. Hastalıklar erken aşamalarda yakalanabilir ve tedavi edilebilir (Li ve ark., 2018).

Geliştirilmiş İlaç Yönetimi : İlaç yönetimi ve yaratılması sağlık sektörü için büyük bir masraftır. IoT süreçleri ve cihazları bu maliyetleri daha verimli yönetmeyi mümkün kılar (Borkar ve ark., 2016).

Gelişmiş Hasta Deneyimi: IoT sağlık bakımı, hastanın ihtiyaçlarına önem verir. Proaktif tedaviler, gelişmiş teşhis doğruluğu, doktorların zamanında müdahalesi ve iyileştirilmiş tedavi sonuçları sorumlu bakım ve daha iyi hasta memnuniyeti ile sonuçlanır (Premalatha ve ThulasiBai, 2018).

Sağlık hizmetlerinde bu teknolojinin uygulandığı çok çeşitli alanlar mevcuttur.

1.2.1.1. Kanser Tedavisi

Haziran 2018'de ASCO Yıllık Toplantısında baş boyun kanseri için tedavi gören 357 hastanın randomize bir klinik çalışmasından elde edilen veriler sunulmuş, deneme, Bluetooth'lu bir ağırlık ölçeği ve kan basıncı manşetini, bir semptom izleme uygulamasıyla birlikte, her hafta içi tedaviye semptomlar ve yanıtlar konusunda hasta doktorlarına güncellemeler göndermek için kullanılmıştır.

CYCORE olarak bilinen bu akıllı izleme sistemini kullanan hastalar, düzenli haftalık doktor ziyaretleri ile devam eden (ek izleme olmaksızın) kontrol grubuna kıyasla, hem kanser hem de tedavisi ile ilgili daha az ciddi semptomlar yaşamıştır. ASCO Başkanı (Amerikan Klinik Onkoloji Derneği) Bruce E. Johnson, akıllı teknolojinin “Ortaya çıkan yan etkilerin hızlı ve etkin bir şekilde tespit edilmesini ve bu sorunun giderilmesini kolaylaştırarak ele alınmasını sağlayarak hem hastalar hem de onların bakım sağlayıcıları için bakımı basitleştirdiğini" söylemiştir.

1.2.1.2. Akıllı Sürekli Glikoz İzleme (Cgm) ve İnsülin Kalemleri

Diyabet, her on yetişkinden birini kabaca etkileyen ve sürekli izleme ve tedavinin uygulanmasını gerektiren bir durum olarak akıllı cihazların gelişimi için verimli bir zemin olduğunu kanıtlamıştır.

Sürekli Glikoz Monitörü (CGM), diyabet hastalarının düzenli aralıklarla okuma yaparak kan glikoz seviyelerini birkaç gün boyunca sürekli izlemelerine yardımcı olan bir cihazdır. İlk CGM sistemi, 1999 yılında ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından onaylanmış ve son yıllarda, bazı akıllı CGM'ler piyasaya sürülmüştür.

Eversense ve Freestyle Libre gibi Akıllı CGM'ler, kan şekeri düzeyleriyle ilgili verileri iPhone, Android veya Apple Watch'taki bir uygulamaya göndererek kullanıcının bilgilerini kolayca kontrol etmesini ve eğilimleri tespit etmesini sağlamakta, FreeStyle LibreLink uygulaması ayrıca diyabetik çocukların ebeveynlerini veya yaşlı hastaların akrabalarını içerebilecek bakıcılar tarafından uzaktan izlenmesine izin vermektedir.,

Günümüzde diyabet hastalarının yaşamını iyileştiren bir başka akıllı cihaz akıllı insülin kalemidir. Gocap, InPen ve Esysta gibi akıllı insülin kalemleri veya kalem kapakları - bir doza enjekte edilen insülin süresini, miktarını ve türünü otomatik olarak kaydetme ve doğru zamanda doğru tipte insülin enjeksiyonunu önerme özelliğine sahiptir.

1.2.1.3. Kapalı Döngü (Otomatik) İnsülin Teslimi

Nesnelerin internetinin tıp alanındaki en etkileyici kullanımlarından biri de Açık Yapay Pankreas Sistemi anlamına gelen açık kaynaklı bir girişim olan OpenAPS (Open Artificial Pancreas System) sistemidir. OpenAPS, bir hastanın kan akışındaki glikoz miktarının ölçülmesinin yanı sıra, bir CGM'den farklı bir kapalı döngü insülin verme sistemidir, ayrıca insülini de iletir - bu nedenle "kapalı devre" olarak çalışır.

İnsülin iletiminin otomatikleştirilmesi, şeker hastalarının yaşamını değiştirebilecek birçok avantaj sunar. APS, bir şeker hastası kullanıcının kan şekeri seviyelerini izleyerek ve kendi sistemine verilen insülin miktarını otomatik olarak ayarlayarak, kan şekeri seviyesini güvenli bir aralıkta tutmaya yardımcı olur, aşırı yüksek ve düşük değerleri önler. (aksi halde hiperglisemi - aşırı yüksek glikoz - ve hipoglisemi olarak bilinir)

1.2.1.4. Bağlı Kontakt Lensler

Tıbbi akıllı kontakt lensler, sağlık bağlamında Nesnelerin İnterneti'nin iddialı bir uygulamasıdır. 2014 yılında, Google Life Sciences (şu anda Google'ın ana şirketi olan Alphabet'nin bir alt kuruluşu olan Verily olarak bilinir), göz yaşartıcı glikozu ölçebilecek ve şeker hastaları için kan glikoz düzeyi düştüğünde onları uyarmaları için erken bir uyarı sistemi sağlayabilecek akıllı bir kontakt lens geliştireceğini açıklamış, proje için ilaç firması Novartis'in göz bölümü olan Alcon ile ortaklık kurmuştur.

Bununla birlikte, kan şekeri düzeylerini gözyaşıyla ölçme fikrinin bilimsel olarak sağlam olmadığına inanan araştırmacılar bu projeye kuşkuyla yaklaşmışlardır. Proje gelişmeleri hakkında çok fazla haber olmayan uzun bir sürenin ardından, Kasım 2018'de projenin rafa alındığı onaylanmıştır.

Ancak akıllı kontakt lensler için diğer tıbbi uygulamalar daha başarılı olabilir. Halen, presbiyopiyi (göz merceğindeki esneklik kaybının yol açtığı yakını görememe) ve katarakt ameliyatı iyileşmesini tedavi etmeyi amaçlayan Alcon ile iki akıllı lens programı üzerinde çalışmaktadır.

1.2.1.5. Pıhtılaşma Testi

Roche ilaç firması, 2016 yılında, hastaların kan pıhtılarının ne kadar hızlı olduğunu kontrol etmelerini sağlayan Bluetooth özellikli bir pıhtılaşma sistemi başlatmıştır.

Bu, antikoagüle hastalar için kendi türünün ilk cihazı olup, hastaların tedavi menzili içinde kalmasına ve inme veya kanama riskini azaltmasına yardımcı olduğu gösterilen kendi kendini sınama özelliğine sahiptir.

1.2.1.6. ADAMM Astım Monitörü

ADAMM, astım krizi semptomlarını başlamadan önce tespit etmeyi amaçlayan ve kullanıcının saldırıyı daha da kötüleşmeden önce yönetmesini sağlayan giyilebilir bir akıllı astım monitörüdür.

Yaklaşan bir astım krizi için kişiyi haberdar etmek için titrer ve aynı zamanda

belirlenmiş bir bakıcıya aynı anda kısa mesaj gönderebilir. Cihazın diğer özellikleri arasında inhaler algılaması bulunmaktadır. Eğer hasta bir şeyi kullanıp kullanmadığını hatırlayamıyorsa, cihaz değişiklikler ve duygular gibi davranışları kaydetmek için sesli günlük kaydı yapabilir ve bu kayıtlar izlenebilir.

Aynı zamanda, zaman içinde kullanıcı için 'normal'in ne olduğunu öğrenen ve bir şey değiştiğinde daha iyi anlamasını sağlayan bir algoritma teknolojisine sahiptir.

1.2.1.7. Sindirilemez sensörler

Proteus Digital Health firması midede çözünen haplar geliştirmiş ve vücuda takılan bir sensör tarafından toplanan küçük sinyaller üretmiştir. Veriler daha sonra bir akıllı telefon uygulamasına aktarılmakta ve hastanın ilaçlarını talimatlara uygun şekilde kullandığını doğrulama imkanı sağlamaktadır.

Bağlantılı inhalatörlerde olduğu gibi, aynı zamanda tedavi konusunda doktorlarıyla daha bilinçli bir diyalog kurmalarına izin vermektedir. Sensörlü haplar alma fikri kişisel bilgilerin gizliliği konusunda çeşitli endişelere sebep olsa da, sistemin kullanımı ve veri paylaşımının sürekliliği veya programdan istenildiği zaman vazgeçilebilmesi konusunda tercih hakkı hastaya bırakılmıştır.

2. Hayvan Sağlığı Alanındaki Kullanım Örnekleri

Akıllı sensörlerin sağladığı veriler gerçek zamanlı olarak değerli, işlem yapılabilir içgörüler sağlarsa, Nesnelerin interneti, evcil hayvan mülkiyeti ve veteriner hekimliğine yaklaşım biçimini değiştirme potansiyeline sahiptir. Nesnelerin internetini yönlendiren dijitalleşme, sensörlerin küçülmesi, yaygın ağ erişimi (Bluetooth, Wi-Fi, mobil veya uydu teknolojisi ile) ve gelişen büyük veri yaklaşımı ile bu teknolojisi daha iyi anlaşılmakta ve yatırımcılar diğer pazarlardaki uygulama olasılıklarını değerlendirmektedir.

Nesnelerin internetinin hayvan sağlığına uygulanması, sensörlerin arızalanması, verilerin manipüle edilmesi, bağlantı problemleri, verilerin yanlış yorumlanması gibi bir takım zorluklar da doğuracaktır. İnsan hastalar üzerinde kullanılan bazı uygulamalardan temel farkı insanların yaşadığı sıkıntıları dile getirmesinin sistemin önemli bir girdisi olmasıdır. Yani okunan verilerin insanın dile getirdiği rahatsızlığı açıklamakta kullanılabilmesi mümkündür. Ancak hayvanlar konuşup sıkıntılarını dile getiremezler ve verilerin işaret ettiği sorunlarla ilgili kullanıcı daha az kesinliğe sahiptir.

Hayvan sağlığı yönetimi için, çiftlikte, evde ve vahşi ortamda gerçek ve işlemeye uygun verileri sağlamak için IoT teknolojilerini kullanan çeşitli ürünler mevcuttur. Ancak, IoT teknolojilerinin hayvan sağlığı sektöründe gelişiminde henüz erkendir, çünkü çoğu örnek verimli bir şekilde toplanıp işlenebilen nispeten basit veriler üzerinedir. Hayvan sağlığı ekosisteminde yenilikler getiren IoT teknolojilerinin erişilebilirlikleri ve fiyatları düşmeye devam edecektir.

Yüz tanıma teknolojisini hayvanlara uygulamak (örneğin sıkıntıyı tanımlamak) için araştırmalar yapılmaktadır. Aynısı ses tanıma için de geçerlidir

hayvan seslerindeki duygu ve kalıpları algılamak ve bunlara etki etmek için bazı yapay zeka uygulamaları geliştirilmektedir.

Nesnelerin İnternetinin hayvan sağlığına etki etme potansiyeline sahip bazı uygulamaları ve üstesinden gelinmesi gereken sorunlarına örnekler şunlardır:

2.1 Hayvanların Küresel Düzeyde İzlenmesi

Icarus (International Cooperation for Animal Research Using Space) isimli Max Planck-Yale Biyoçeşitlilik Hareketi ve Küresel Değişim Merkezi, Rusya Uzay Ajansı Roscosmos ve Alman Hava-Uzay Merkezi Uzay İdaresi ortak projesi ile kanatlı göç hayvanlarının dünya çapında izlenmesi amaçlanmıştır. Yabani kuşlara ve hayvanlara gittikçe daha küçük sensörler bağlandığından, Uluslararası Uzay İstasyonu'na gittikçe daha fazla büyük veri toplayıcıları yerleştirilmektedir. 2019'dan başlayarak, veriler toplanacak ve biyolojik çeşitliliği, iklim değişikliğini, zararlıları ve hastalıkları izlemek için kullanılacaktır. Sensörlerden gelen bu veriler büyük ölçüde yüzeyseldir - konum, hareket, sıcaklık, solunum vb. - ve sağlık açısından sınırlı bir değer sunar.

2.2. Veteriner Uygulamaları

VetCompass uygulaması ile İngiltere'de 10 milyon evcil hayvan için bir tür genel sağlığı veri tabanı oluşturulması, kanıta dayalı bakım için grafik oluşturulması, veri araştırma araçları sağlanması ve öncelikli hayvan sağlığı araştırmaları yürütülmesi amaçlanmaktadır.

2.3. Evcil Hayvan Sağlığı ve Refahı Uygulamaları

Amerikan Evcil Hayvan Ürünleri Birliği, 2016 yılında ABD evcil hayvan sahiplerinin evcil hayvanlarına 62,75 milyar dolar harcadığını ve 2017'de bunun 69,36 milyar dolara yükseleceğini tahmin ediyor. Bu IoT ürünlerinin bir kısmı, hayvanların evde kaldıklarında sahipleri tarafından uzaktan izlenmelerini (veya görüntülü sohbet) sağlamak için video teknolojisi kullanılmasını sağlamaktadır.

2.4. Üretim Hayvanları İçin Blockchain Uygulamaları

Artan şeffaflık arzusuna yönelik, özellikle de gıdalarının nereden geldiğine ilişkin olarak, pazarın hayvan sağlığı, gıda güvenliği ve kalitesi hakkında izlenebilir ve doğrulanabilir bilgiler sağlayan otomatik çözümlerle cevap vermesi gerekecektir. Bu, çiftçilerden dağıtıcıya tüketiciye, tedarik zinciri yoluyla verilen bir gıda yolundaki her işlemin güvenilir, erişmesi kolay bir kayıt sağlamak için blockchain teknolojisinden yararlanılması öngörülmektedir. Masrafları azaltmak ve tüketicilerin değişen beklentilerini karşılamak için çiftçilerin ürünlerini daha iyi konumlandırması gibi başka bir zorlayıcı doğrulama sürecini otomatik hale getirilmiş olacaktır.

2.5. Hayvancılık Alanındaki Zorluklar ve Modern Çözüm Önerileri

Çiftlik hayvanlarında verimlilik hayvan sağlığı ve mutluluğu ile doğru orantılıdır. Bir rahatsızlıktan dolayı acı çeken hayvanın acısının kaynağının tespiti bu yüzen önemlidir. Potansiyel olarak acı verici durumları

değerlendirmenin mevcut yöntemlerinin çoğu, hayvan sahiplerinin veya veterinerlerin duyarlılıkları ve öznellikleri ile sınırlıdır. Bu da, bu hayvanlarda ağrının azalmasının yetersiz olduğu anlamına gelebilir. Çiftçiler ve veteriner hekimler tarafından bildirilen ana engel, ağrıyı tanımada ve ölçmede güçlük çekilmesidir, bu da ağrı kaynağının ortadan kaldırılmasında uygulanacak yöntemin etkin kullanımını engellemektedir. Daha fazla ölçülebilir ağrı ölçüsü elde etmek için, spontan davranışlardaki ya da uyarılmış doku zedelenmesi kaynaklı ağrı tepkilerindeki değişikliklerin kaydedilmesi gibi teknikler çeşitli türlerde kabul edilmiştir. Bununla birlikte, bu teknikler, sıklıkla kapsamlı gözlem merkezleri veya karmaşık deneysel düzenlemelere ihtiyaç duyulması gibi pratik kısıtlamalara sahip olduklarından, hassas ve güvenilir ağrı göstergeleri sağlamayabilir.

Büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde en sık karşılaşılan sorun olarak yanlış yemleme sonucu hayvanın sağlığının olumsuz etkilenmesi görülmektedir. Yanlış yemleme ile hayvanın fizyolojik dengesinin olumsuz etkilenmesi, hayvanın ağrılı ve mutsuz yaşam sürmesi, böylece veriminin düşmesi, hatta ölümüne kadar gidecek sorunlar ortaya çıkabilir.

3. Rumen Biyolojisi ve Sığırlarda İşkembenin Ph Dengesi

İneklerin klasik dört odacıklı midesi, rumen , retikulum , omasum ve abomasuma bölünebilir. Rumen, en geniş bölmedir ve özofagus ile retikülo-omasal menfez arasındaki her şeyi, retikül ile sürekli olduğu için, genellikle retikülo-rumen olarak bilinir. Rumen ve retikulum, rumen büzülmeden içeriğin doğrudan karışmasını önlemek için, midenin tabanından yükselen bir rumen sütunu olan ruminoretiküler kat ile ayrılır. Boyut karşılaştırması için, rumen tipik olarak yetişkin bir sığırda yaklaşık 185 litredir, oysa retikulum sadece yaklaşık 16 litredir.

Rumen içeriğinde, daha ağır, daha ince, genellikle daha sindirilmiş partiküller dibe çökerek ventral kesesi olarak bilinen bir bölgeye batar ve daha yakın zamanda yutulmuş, daha hafif yem rumen matı (veya yüzer mat) olarak adlandırılan bir tabakaya oturur. Tahıl konsantrasyonları yüksek bir diyetle beslenen inekler, çoğu zaman hemen dibe battığından, genellikle çok küçük veya varolmayan bir rumen matına sahiptir. Dorsal kese olarak bilinen rumenin üst bölmesi, tüm metan, karbondioksit ve rumen mikropları tarafından üretilen diğer gazların yükseldiği gaz başlığını içerir. Rumen papilla adı verilen küçük parmak benzeri çıkıntılar, rumen duvarını hizalar ve rumen mikropları tarafından salınan besinlerin emilim hızını arttırmak için yüzey alanını arttırmaya yarar.

Rumen insan midesine benzemez, çünkü kendi sindirim enzimlerinin veya asitlerinin hiçbirini salmaz; Bu durum, abomasumu olan ineklere mahsustur. Bunun yerine, rumen, alınan lifin büyük bir kısmını içeren sert polimer selülozu parçalamak için mikropları (bakteri, protozoa ve bazı mantarlar dahil) kullanır. İnek rumeninde, doğada var olan en yoğun nüfuslu mikrobiyal ortamlardan biridir ve ml başına 10-50 milyar bakteri bulunur. Rumen içindeki koşullar statik değildir ancak sağlıklı bir mikrop popülasyonunu korumak için belirli parametrelerde kalmalıdır. Rumen mikropları anaerobiktir ve rumen ortamı da

anaerobiktir; Su veya yem tarafından verilen herhangi bir oksijen, mikroplar tarafından hızla çıkarılır. İşkembe aslında bir fermantasyon haznesi olduğundan, büyük miktarda ısı sürekli olarak salınır ve bundan dolayı işkembe sürekli olarak vücudun geri kalanının 1 ° C üzerindedir (bu nedenle yaklaşık 39 ° C). Bu ısıya "fermantasyon ısısı" denir ve inek tarafından bir ısı kaynağı olarak kullanılabilir.

Bir denge içerisindeki işkembe mikropları selülozu, nişastayı, proteini görev bölümü içerisinde sindirirler. A bakterisinin ürettiği asidi B bakterisi, B bakterisinin ürettiği asidi ise C bakterisi besin olarak kullanmaktadır. Bu bakteri türlerinden bazılarının yok olması veya sayıca azalması işkembe içi bakteri yaşam döngüsünü ve genel dengeyi olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden bütün yararlı bakterilerin birlikte yaşayabildiği ideal ortamın sürekliliği önemlidir. Bazı bakterilerin ölmesi o bakterilerin tükettiği asit miktarının artmasına, ortamın olması gerekenden daha asidik hale dönmesine sebep olur.

İşkembenin ph dengesini etkileyen en önemli faktör, kaba yemlerdir. Kaba yemin fazla verilmesi tükürüğü uyarır. Tükürük rumen Ph'ını doğrudan etkiler, çünkü içeriğinde sodyum bi karbonat vardır. Sindirilmesi kolay, karbonhidrat oranı yüksek ve selüloz oranı düşük yemler ise işkembe ortamının olması gerekenden daha asidik hale gelmesinde en önemli etkendir. İşkembenin asidik hale gelmesi, rumen asidozu, işkembe sıvısında asitlik derecesinin doğru fizyolojik aralıktan aşağıya düşmesi, başka bir deyişle işkembe sıvısında asitleşmeye sebep olan maddelerin artmış olmasıdır.

3.1. Subakut Ruminal Asidoz (SARA)

Süt talebinin artması ve çiftliklerde maliyetlerin düşmesiyle, verimliliği arttırma yöntemleri arasında yüksek lifli diyetlerden tahıllarda (karbonhidratlar) yüksek diyetlere geçiş yer almaktadır. Bir ineğin diyetini yüksek yemli, yüksek lifli diyetten yüksek enerjili, kolayca sindirilebilir, yüksek tahıl diyetine geçirmek, uçucu yağ asitlerinin (VFA) rumen içine hızlı bir şekilde akmasına neden olur. Bu VFA, bakteri fermantasyonunun beklenen bir yan ürünüdür ve ineğe besin sağlamak için rumen duvarı tarafından absorbe edilir, ancak rumen üretildiği kadar çabuk sökülmek üzere adapte edilmediğinde kolayca oluşabilir. Verimliliği arttırma konusunda bu yöntem sonuç verirken, genellikle çiftçiler tarafından görülmeyen ineğin sağlığı ile ilgili önemli dezavantajları vardır. Rumende yüksek VFA konsantrasyonları genel asitliği arttırır ve bu nedenle de rumen pH'ını düşürür. Bu yüzden bir ineğin diyetindeki çok miktarda tahıl, asidoz olarak adlandırılan daha asitli bir rumen ortamına yol açar.

İki çeşit rumen asidozu türü vardır. Bunlardan biri, daha şiddetli olan akut asidoz olarak bilinir. Genellikle bu durumda ph 5'in altına düşer. İkincisi daha az şiddetlidir, daha sık görülür. Bu durum sub-akut rumen asidozu (SARA) olarak bilinir. SARA, genellikle büyük bir yemekten sonra, geçici depresif ruminal pH dönemleri olarak teşhis edilir. Bu durumda genellikle rumen ph değeri 5,0-5,7 aralığındadır. SARA'nın uzun vadeli sonuçları arasında yenen yemin azalması, süt veriminin, süt yağının azalması, yemin verimsiz kullanılması, ineğin topallaması ve istenmeyen kesim sayılabilir. Süt yağındaki azalmaların derecesi bir grup başka etmene de bağlı olmakla birlikte en temel

sebebi SARA olduğundan bu hastalığın süt endüstrisi için ekonomik bir etkisi de mevcuttur.

3.1.1. SARA Semptomları ve Belirtileri

SARA'dan muzdarip olan inekler her zaman klinik belirtiler göstermezler ve doğrudan rumen pH'sını test etmeden teşhis etmek oldukça zordur.

SARA'da ineklerde görülen birincil işaretler aşağıdakilerden herhangi birini içerebilir:

- İştah azalması
- Azalan Geviş getirme
- Dışkıda sindirilmeyen tahıl
- Gaz kabarcıkları içeren köpüklü dışkı
- Düşük süt yağı oranı
- Düşük süt verimi
- İshal

Bunların yanı sıra, ikincil belirtiler daha sonra ortaya çıkabilir ve "ölüm öncesi" tanısı koymak zordur. Abomasumu kaplayan epitel hücrelerinin aksine, rinal epitel hücreleri mukus tarafından korunmaz ve asidik hasara karşı hassastır. Rumende uzun süredir devam eden düşük pH dönemleri, rumenit ve sonunda ruminal epitelde erozyona ve ülserasyona neden olabilir, bu da bakterilerin papillaları kolonize etmesine ve portal dolaşım yoluyla karaciğere ulaşmasına ve enfekte olmasına izin verir. Bakteriler karaciğeri işlevsiz hale getirdiklerinde sırasıyla zatürre, endokardit, piyelonefrit ve artritle sonuçlanan akciğerleri, kalp kapaklarını, böbrekleri veya eklemleri kolonize edebilirler. Uzun süreli asidozun neden olduğu en yaygın ve etkili etkilerden biri laminit'tir. Topallık, inekler ile ilgili en önemli hayvan refahı sorunu olarak tanımlanmıştır ve üreme yetersizliği ve düşük süt verimi ile birlikte, yetiştiriciliğin önemli bir sorunudur. SARA'nın birkaç belirtisi, toplanmaya yol açabilir ancak insan sağlığını içeren sonuçlara daha ileri düzeyde ulaşabilir. Et sığırlarında 0157: H7 gibi enterohemorajik E.coli bağırsakta kalabilir ve SARA'nın neden olduğu dökülme yoluyla insanlara iyi pişmemiş et yoluyla geçirilebilir.

SARA'nın yaygın olarak ortaya çıktığı iki olası senaryo vardır. Birincisi, çoğunlukla buzağılama sonrası yüksek enerjili bir sağım diyetine geçiş sırasındadır ve ikincisi, kuru madde alımı (DMI) hesaplamasındaki yanlışlıkların, diyetlerdeki tahıl oranlarına uygun olmayan yemlerin yol açtığı durumdur. Buzağılama sonrası ineklerin süt üretiminin engellenmeden ilerlemesine izin vermek için çok daha fazla besin kaynağı gerekir, bunlar genellikle çiftçiler tarafından diyetlerinde artan tahıl / yem oranı şeklinde sağlanır. Bunun gibi ani bir geçiş inek için sağlıksızdır ve rumen duvarı tarafından beklenmeyen bir durumdur; bu durum farklı bir kimyasal kokteyle uyum sağlamak için zaman alır. Yüksek miktarlarda tanenin kullanılmasının, yavrulama döngüsündeki konumuna bakılmaksızın SARA'ya neden olabileceğini, sadece yavrulanmanın bir diyetteki taneciği arttırmak için ortak bir zaman olduğunu belirtmek önemlidir.

SARA bir "Sürü Yönetimi" aksaklığıdır. Sürekili SARA aşamasında kalmaz sonraki aşamalara ilerler. SARA'yı iştahsızlık takip eder. Tedavi edilmiş gibi görünse de belli bir süre sonra topallama, üreme yetersizliği ve hatta sığırın ölümü gibi sonuçlar doğurabilir. Birer hastalık olarak değerlendirilen bu gibi durumlar aslında hastalık değil gözardı edilen SARA hastalığının sonucudur. Fakat bu sonuçlar belirli bir süre sonra ortaya çıktığından hayvan sahibi tarafından SARA ile bağlantısı gözardı edilir. Ayrıca sürekli olarak gizli SARA varsa, yani sürekli olarak işkembe sıvısının ph düzeyi bir miktar düşükse önlem almak için girişimde bulunma fırsatı olmaz. Problem sürünün tamamına yayılmış olur. Arkasındaki asıl sebep olarak SARA önlenmedikçe farklı problemler ve diğer hastalıklar ortaya çıkar. Örneğin sebep olacağı karaciğer apselerini ancak kesimden sonra fark etmek mümkün olur ki dönüp sürüdeki diğer hayvanları kontrol etmek ve önlem almak gerekir.

Ayrıca sütü satın alan fabrikaların sütün yağının düşüklüğünden şikayet etmesi de sürü sahibi için bir işaret niteliğindedir. SARA'nın ilk belirtilerinden birisi de sütteki düşük yağ oranıdır. Sürünün kalanında da SARA durumu olabileceği değerlendirilmelidir.

3.1.2. Önleme ve Tedavi

Yukarıda bahsedildiği gibi, yeni bir diyetin uygulamaya konması ile yeni diyetin daha verimli kullanılması için ayarlanan rumen arasında bir gecikme süresi vardır. Çalışmalar, rumen papillalarının rumen duvarının yüzey alanını arttırmak veya azaltmak ve böylece besin maddelerinin emilimini hızlandırmak veya yavaşlatmak için değişen beden ve şekillerde diyet değişikliklerine cevap verdiğini göstermiştir. Papillaların yeni bir diyete uyum sağlamaları ve sonuçta asit birikmesini önlemeleri için yaklaşık 4-6 haftalık bir sürenin gerekli olduğu tahmin edilmektedir. Mikrobiyal popülasyonlarında ayrıca diyet değişikliklerine uyum sağladığı gözlemlenmiştir. Yüksek tahıl diyetine geçiş yapan ineklerin, tahıl alımlarını kademeli olarak artırarak yavaş yavaş geçiş yapmaları ve bu nedenle rumenin yeni diyete adapte olmalarına izin verilmesi önerilir.

Yüksek tahıl diyetindeki en büyük sorunlardan biri neden olduğu ruminasyon eksikliği ve dolayısıyla üretilen tükürük eksikliğidir. İneklerde tükürük üretimi günde 100 litreyi kolayca geçebilir ve sindirim için gereklidir, yağlama, fermantasyon için bir sıvı ve sodyum ve potasyum bikarbonatlar ve fosfatlar gibi büyük miktarlarda tamponlama maddesi sağlar. Tükürük cuding-çiğneme ile teşvik edilir ve bu nedenle gün boyunca uzun süre çiğneyen bir ineğin, rumen içine giren ve tamponlayan bol miktarda tükürük kaynağı olacaktır. Ne yazık ki tükürük üretimi basitçe düşük ruminal pH ile uyarılmamaktadır ve bu nedenle az ruminasyon gerektiren yüksek tahıl diyetlerine sahip inekler daha az tükrük üteteceklerdir. Rumeni uyarmak için SARA ile ineklerin beslenmesinde yeterli miktarda yem kullanılması, rumen sağlığını korumak için en basit yöntemdir. Bununla birlikte, yem alımını arttırma seçeneği çiftçiler tarafından her zaman iyi karşılanmamaktadır, çünkü bu genellikle inek için enerjide azalma ve dolayısıyla süt üretiminde azalma anlamına gelir. Kalsiyum karbonat veya sodyum bikarbonat gibi suni tamponlar ineklere, özellikle buzağılama öncesinde

ineklerde asidozu önlemenin ihtiyati bir yöntemi olarak verilebilir. Bu tamponlar ya doğrudan beslemeye eklenebilir ya da serbest seçim tamponu kadar etkili olmamasına rağmen serbest seçim olarak sağlanabilir. Total karışık rasyon (TMR) yemine tampon eklemek, erken laktasyonda veya yüksek verimli ineklerde SARA'nın herhangi bir klinik belirtisinden veya eksikliğinden bağımsız olarak yaygın bir uygulamadır. Sığırlarının rumen ph değerlerini ölçümleyebilen bir çiftçi, rumen tamponunun çıkarılmasından sonra, yüksek verimli olan sürünün, pH'da bir düşüş göstermediğini buldu. Bu rumen tamponları pahalıdır ve kesinlikle etkili olmalarına rağmen her zaman gerekli değildir.

Yemin fermantasyon hızı SARA oluşumunu etkileyen diğer bir önemli faktördür. Rumen belirli bir miktarda asitlik tamponlayabilir, ancak hızlı fermantasyon ile birlikte hızlı bir VFA akıntısı ortaya çıkar ve fermantasyon çok hızlı olursa sistem devam edemez. Belirli bir yemin fermantasyon oranını etkileyen bir parametre parçacık büyüklüğüdür. Küçük partikül boyutu mevcut yüzey alanını arttırır ve böylece bakterilerin besiye erişme ve sindirme hızını arttırır. Diğer bir parametre, beslemenin nem içeriğidir. Yüksek nemli tahıl, rumen sıvısının kuru tahıl gibi ıslanmasına izin vermek için bir süre gerektirmez ve bu nedenle hemen rumen girişinde mayalanmaya başlayabilir. Yemin parçacık boyutunun ve / veya nem içeriğinin ayarlanması, rumen içindeki fermantasyon hızını yavaşlatma ve dolayısıyla asitlikteki artışı yavaşlatma ve iç tamponlama sisteminin devam etmesine izin verme potansiyeline sahiptir.

Rumene giren asit oranının yanı sıra, rumenden çıkan asit oranı, rumen sağlığını iyileştirmek için başka bir olası yoldur. VFA absorpsiyonunun ruminal epitel boyunca pasif difüzyon yoluyla gerçekleştiği bilinmektedir, ancak nispeten yakın bir zamanda iyonize edilmiş VFA'nın epitel boyunca bikarbonat ile değiştirildiği kanıtlanmıştır. Rumen içine salındığında bikarbonat iyonları (HC03 -) sonra serbest karbon iyonları (H +) ile reaksiyona girerek karbon dioksit ve su oluşturur, bikarbonatı tekrar rumen içine bırakır ve doğal bir tampon görevi görür. Rumen mukozasının biyokimyası sürekli olarak değişkenlik göstermektedir ve bu durum, bazılarının, emme oranlarını arttırmak için muhtemelen takviyeleri veya hatta genetiği değiştiren sığırlara izin veren gelişmiş epitelyal absorpsiyon / sekresyon sağlamak için yöntemler geliştireceğine işaret etmektedir. SARA ve rumen pH'sı konusunda toplanan tüm veriler, rumen tamponlama sisteminin gerçekte ne kadar karmaşık ve dinamik olduğunu göstermektedir. Basitçe bir ineğe bakmak ve dış asidoz bulguları ile rumen durumunu belirlemeye çalışmak, rumenin doğrudan izlenmesine yönelik yöntemler zamanla ulaşılabilir hale geldikçe daha da kolay hale gelecektir.

Sonuç

Genel olarak, Nesnelerin İnterneti kavramı yeni olmasıyla birlikte birçok alana teknolojinin entegrasyonu anlamında farklılıklar getirmektedir. Bunlardan birisi olan sağlık sektörüne de hasta ile değil bedeni ile konuşulması, hem daha doğru tanı konulması, hem de zamanında hareket edilebilmesini sağlamaya yönelik yeni yaklaşımlarla katkıda bulunmaktadır. İnsanlardan farklı olarak

konuşma yeteneğinden yoksun olan hayvanların sağlığı ile ilgili, mevcut uygulamalar ve öngörülen çalışmalar, hareketleri, sesleri ve yüz ifadeleri ile ilgili yorumlama, doğru tanıda bulunma ve tedavi imkanı sağlaması öngörülmektedir. Mevcut durumda, Modern Hayvancılıkta özellikle GPS veya RFID ile hayvanların konum bilgisinin takibi, süt kalitesi ve verimliliğinin takibi, hava kalitesi çalışmalarındaki dışkılardan gelen zehirli gaz düzeylerinin incelenmesi ve gerektiğinde havalandırması, hayvanların ağırlıklarına göre yemleme yapılması ve işkembe sağlığı için ph değerinin ölçülmesi yavru bakımında yeterli ortamın sağlanması, için Nesnelerin İnternetinden faydalanılmaktadır. Ayrıca ekologlar için de çevresel değişikliklere hayvanların nasıl tepki verdiğini anlamak önemlidir. Kablosuz sensör ağları kullanılarak çevresel parametreleri ve yaban hayatına etkilerini gerçek zamanlı ve kapsamlı şekilde ölçmek, yaban hayatın korunması, araştırılması ve izlenmesi için oldukça önemlidir. Modern algılama teknolojileri, hayvan ekolojisindeki Nesnelerin İnterneti kavram ve uygulaması, Nesnelerin İnternetinin avantajları ile ekologlar için önemli bilgiler sağlamaktadır. Hayvan ekolojisi içinde Nesnelerin İnterneti teknolojilerinin teorik sınırları da tartışılmaktadır. Nesnelerin İnterneti kavramının, hayvan ekolojik araştırmalarında farklı bir bakış açısı sunmasına rağmen, araştırılmasına devam edilmesi ve uygulanmasının yanında hayvanlardan fayda sağlanan sektörlere yönelik teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Çünkü çok çeşitli alanlarda gelişim gösteren Nesnelerin İnterneti kavramı, sağlık ve hayvan sağlığı alanlarında da üreticinin aldığı verimi ve hayvan sağlığını sürdürme konularında da çeşitli sensörler aracılığıyla gerekli bilgileri çabuk ve güvenli şekilde ileterek zamanında müdahale edilebilmesi gibi sektör için önemli konularda katkı sağlama potansiyeline sahiptir.

Kaynaklar

Tapkı N, Kaya A, Tapkı İ, Dağıstan E, Çimrin T, Selvi MH (2018). Türkiye'de Büyükbaş Hayvancılığın Durumu ve Yıllara Göre Değişimi, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23, 324-339.

Atzori L, Iera A, Morabito G (2010). The Internet of Things: A survey, Computer Networks, 37,1-19.

Ashton K (2009). That 'Internet of Things'Thing, RFID Journal, 55, 1-1.

Farash MS, Turkanović M, Kumari S, Hölbl M (2016). An efficient user authentication and key agreement scheme for heterogeneous wireless sensor network tailored for the Internet of Things environment, Ad Hoc Networks, 36, 152-176.

Kamalinejad P, Mahapatra C, Sheng Z, Mirabbasi S, Leung V, Guan YL (2015). Wireless energy harvesting for the Internet of Things, IEEE Communications Magazine, 53, 102-108.

Srinivasulu P, M Babu MS, Venkat R, Rajesh K (2017). Cloud service oriented architecture (CSoA) for agriculture through internet of things (IoT) and big data, 2017 IEEE International Conference on Electrical, Instrumentation and Communication Engineering (ICEICE), Karur, India, 27-28 April 2017.

Metcalf D, Milliard STJ, Gomez M, Schwartz M (2016). Wearables and the Internet of Things for Health: Wearable, Interconnected Devices Promise More Efficient and Comprehensive Health Care, IEEE Pulse, 7, 35-39.

Islam SMR, Kwak D, Kabir MDH, Hossain M, Kwak K (2015) The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey, IEEE Access, 3, 678-708.

Phillip A, Laplante N (2016) The Internet of Things in Healthcare: Potential Applications and Challenges, IT Professional, 18, 2-4.

Mohammad A, Salahuddin, Al-Fuqaha, Guizani M, Shuaib K, Sallabi F (2017) Softwarization of Internet of Things Infrastructure for Secure and Smart Healthcare, Computer, 50, 74-79.

Solangi ZA, Aziz AMS, Asadullah (2017). The study of Internet of Things (IoT)-based healthcare acceptance in Pakistan, 2017 IEEE 3rd International Conference on Engineering Technologies and Social Sciences (ICETSS), Bangkok, Thailand, 7-8 Aug 2017

Li N, Jiang Y, Gong G, Han G, Ma J (2018). Non-Invasive Assessment Model of Liver Disease Severity by Serum Markers Using Cloud Computing and Internet of Things, IEEE Access, 6, 33969-33976.

Borkar S, Pande H (2016). Application of 5G next generation network to Internet of Things, 2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA), Pune, India, 22-24 Jan 2016

Premalatha G, ThulasiBai V (2018). An Effective Patient Monitoring system using IOT, 2018 Fourth International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB), Chennai, India, 27-28 Feb 2018.

THE FUTURE EFFECTS OF VIRTUAL REALITY GAMES

Çağatay KÖLÜŞ[1]

[1]*Selçuk University, Department of Information Technologies, Konya, Turkey*

E-mail: cagataykolus@gmail.com

Fatih BAŞÇİFTÇİ[2]

[2]*Selçuk University, Faculty of Technology, Department of Computer Engineering, Konya, Turkey*

E-mail: basciftci@selcuk.edu.tr

Abstract: The virtual reality market offers ever-growing application areas in different sectors and topics. Today, the most common use of it is in the entertainment sector, as well as in architecture-construction, education, health and culture-tourism. In this study, virtual reality has been mentioned in the game market presence and its future effects. In this study, the existence of virtual reality in the game market and future effect have been mentioned. It is also stated that the universes in virtual reality games may become a realistic universe in the future. The purpose of this work is to report that virtual universes that we are familiar with virtual reality games may exist in the future and that with the development of technology, the new living space of mankind could be these virtual universes.

Keywords: Virtual reality, MMORPG, game, virtual universe, future

Introduction

Virtual Reality (Virtual Reality - VR) is a technology that addresses human senses, developed to enhance communication and interaction between people and machines (Kurbanoğlu, 1996, pp. 21-31). Today, games have become a world of entertainment that appeals to people of all ages and brings together many users in a virtual environment for a specific purpose (Doğusoy and İnal, 2006). Games are classified according to their style. Massively Multiplayer Online Role-Playing Games (MMORPG), First-Person Shooter (FPS), action, strategy, sports, puzzle are some of these game styles (Elliott, Golub, & Ream, & Dunlap, 2012, pp. 155-161).

The use of virtual reality in the game industry has brought virtual reality to very different points. The way to make the user feel in a different environment has become real in this respect. This new immersion grade, called entity, opens the

door to existence in the virtual world (Riva, Mantovani, & Capideville, & Preziosa, & Morganti, & Villani) 2007, pp. 45-56).

With VR equipment and accessories, the user can see, move and even interact with objects in the game. With virtual reality helmets widespread and affordable (Oculus Rift $ 599, HTC's Vive $ 799, Sony's PlayStation VR $ 399), the virtual reality sector is more available in the gaming market (Heineman, 2016, pp. 2793-2799).

Steam is a platform that has many games in its possession and provides digital distribution of these games. SteamSpy is a website that publishes the data of games sold via Steam. Table 1 gives the estimated revenue of the top-selling virtual reality games on Steam in 2017, based on SteamSpy data.

Table 1. Estimated Revenue of Top-selling Virtual Reality Games on Steam

Game Name	Estimated Revenue Obtained
Fallout 4 VR	$4,731,120.00
Arizona Sunshine	$4,721,400.00
Raw Data	$4,283,320.00
Tilt Brush	$4,025,360.00
Job Simulator	$3,416,940.00
Audioshield	$2,803,640.00
SUPERHOT VR	$2,561,475.00
Onward	$2,409,375.00
Space Pirate Trainer	$2,372,865.00
Rick and Morty: Virtual Rick-ality	$1,839,900.00

According to a study by Goldman Sachs analyst Heather Bellini, virtual reality and augmented reality market could be an $80 billion industry by 2025 (Bellini, 2016). Statista is one of the leading statistical companies and shares their own statistics on the internet. In a study conducted by Statista in April 2018, the virtual reality revenues for the US, China, Japan between 2016 and 2021 are given in Figure 1 (“Statista”, 2018).

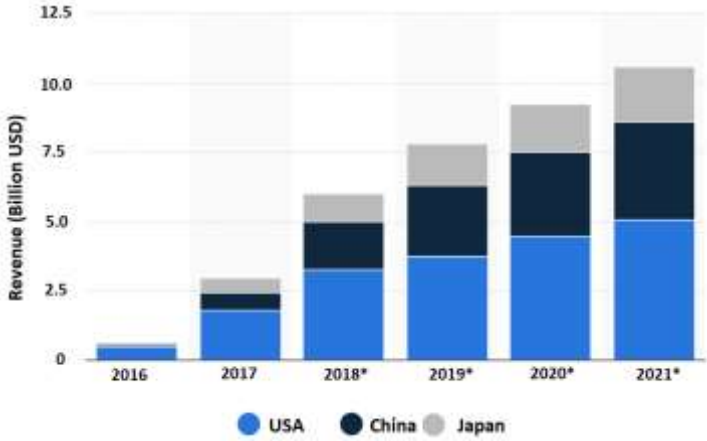


Fig. 1. Revenues of Virtual Reality Between the Years 2016-2021 in the US, China and Japan

It is expected that total revenue in three major international markets in 2018 will be US $ 6 billion, and in 2021 a total of US $ 10.6 billion is expected.

Method

MMORPG is a type of game in which a large number of players play together with computers or game consoles in the virtual universes on the internet ("Wikipedia", 2008). In this type of game, users interact with each other in virtual universes. The goals of the users in this phase vary from game to game. But in general, the goal is to raise the character level, earn money, participate in wars, try to pass other players with points they have collected in game. Although it is seen as a game, our goals for life in the real world are similar to those in virtual universes. Developing ourselves and earning money are the simplest examples of this.

Nowadays, most of the real life things are transferred to virtual environments by 3D modeling. It is possible to exemplify them as people, buildings, cars, trees. In 2018, Google has released its own Google Maps data to software developers. Google Maps contains more than 100 million 3D buildings, more than 25 million daily updated data, and 1 billion active users ("Google", 2018). Google briefly maps the world and translates it into a virtual world. With the Unity 3D integration it contains, it will be possible to use Google maps to develop virtual reality applications. Figure 2 shows a 3D Google Maps data exported to the Unity 3D development environment.

Fig. 2. 3D Google Maps data exported to the Unity 3D

Virtual universes in the MMORPG game genre have become more realistic by combining this game genre with virtual reality technology. While there is already a similarity with the MMORPG game genre, this game has increased the similarity to reality by using it with virtual reality technology. Furthermore, the virtual reality helmets are experiencing a more realistic experience with the users as the technology is improving day by day.

OrbusVR is a virtual reality game like MMORPG. OrbusVR, a successful venture project, took place on the Steam platform in December of 2017. This game can be played with HTC Vive and Oculus Rift virtual reality helmets. This game is a type of VRMMORPG game and is the first example of this type. In Figure 3, the image of the game OrbusVR is given.

Fig. 3. Image From OrbusVR

In the OrbusVR game, players come together online in a virtual world, discover this world, fight here, and socialize on the other hand. In this game, players must kill monsters in order to level up and gain various abilities such as fishing, alchemy to earn money. In addition, the distance sensitive microphone feature in the game allows users to talk and socialize with the people around them.

Nostos is an open-world virtual reality game of the type MMORPG developed by NetEase. The game will be published in Steam VR, HTC Viveport, PSVR and Oculus Store in the third quarter of 2019. Figure 4 shows a screenshot of this game.

Fig. 4. Image From Nostos

In Nostos, players will play the role of explorers online and struggle to survive in this world. In this game you can build troops, fight, explore unexplored places and build your own structures. It is similar in concept to OrbusVR.

Analysis and Interpretation of Results

The fact that even today the environment we live in has been transferred to virtual environments, it means that many more things will be transferred in the future. Even if we are not included in those universes, companies that collect and make sense of user data will be able to create our virtual copy in that context. It is not impossible for companies that collect user data through active internet browsers, search engines, messaging applications or social media platforms to create a virtual profile that resembles the same user using this data in the future. It is also expected that the virtual universes to be created with this data will be optimally optimized for the users to be present.

We Are Social is an organization that publishes user statistics (“Bloomberg”, 2018). According to the Digital in 2018 report of this organization published in

January of 2018, the use of social media has reached serious levels. In January of 2018, active social media usage grew by 13% with an increase of 362 million according to the previous January.

It is seen that 3.2 billion people are active social media users in our world with 7.6 billion population of data in the paper. This ratio constitutes 42 percent of the world population. Table 2 lists the number of active users per month for each social platform.

Table 2. Monthly Active Users of Social Platforms

Platform	Number of User (million)
Facebook	2.167
YouTube	1.500
WhatsApp	1.300
FB Messenger	1.300
WeChat	980
Instagram	800
Twitter	330

Having the most number of monthly active users, Facebook has continuously increased the number of monthly users in the last 10 years and now has more than 2 billion monthly active users (“Statista”, 2018). Figure 5 shows the number of monthly active users between 2008 and 2018.

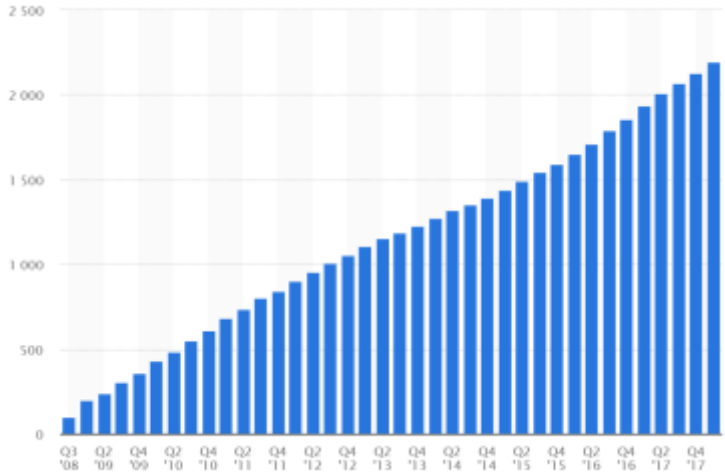


Fig. 5. Facebook Monthly Active Users

People are transferring their own data to virtual environments by sharing their actions through messaging or social media platforms. Future virtual universes will be designed to serve the user in the best way by shaping with these data.

The VRMMORPG game type is very much missing today. These shortcomings stem from the fact that virtual reality technology is not developing sufficiently today. There are shortcomings such as the fact that the games do not reflect the reality graphically, the movement function in the games is provided with an auxiliary command and these limit the development of this game genre. But with the progress of virtual reality technology, when these deficiencies are left behind, one can reach a point where people probably do not want to get out of this virtual universe. The fact that people will be able to do things in virtual universes that they can not do in real life, such as socializing and interacting with many people, can bring people into a position dependent on this space.

Result

The combination of MMORPG game genre with virtual reality technology brought together a new formation called virtual universe. This formation, now called the virtual universe, can become a living universe close to reality in the future. In the future, a new universe or universes can be created as an alternative to the universe we live in. Also, countries can create their own virtual universes and create their own rules.

The world population is increasing day by day. The world population has reached 1 billion in the 1800s, 1.5 billion in the 1900s, and 6.1 billion in the 2000s. Today, we have more than 7 billion world populations (Roser and Ortiz-

Ospina, 2018). People may have to continue their lives in these virtual reality universes if there is no place to live in the future due to population growth on Earth.

BCI (Brain Computer Interface) technology is developing day by day. Large organizations have invested heavily in the development of this technology. Table 3 gives the years for starting these organizations and BCI work.

Table 3. Organizations interested in BCI work and starting years

Organization	Year to Start Working
Emotiv	2011
DARPA	2015
Neuralink	2016
Facebook	2016
Kernel	2016

Today, our personal data, money, title deeds, certificates are transferred to virtual environment. This transformation, which we can call virtualization, will also virtualize our lives in the future and the gates of living in a virtual environment with developing technology will be opened.

It is known that virtual reality helmets are evolving day by day. Assuming that we can only use virtual reality helmets with the power of thought in the future, it is enough for people to have a body in the real world to be included in a virtual universe. In the future, while we can keep our vital organs alive with the development of sophisticated technologies, people will be able to sustain their existence in virtual universes.

References

Bellini H. (2016). Goldman Sachs, *Virtual and Augmented Reality*. Retrieved from https://www.statista.com/statistics/829884/virtual-reality-revenue-us-china-japan

Bloomberg (2018). Company Overview of We Are Social Ltd. Retrieved from https://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=243757106

Elliott, L., Golub, A., Ream, G., & Dunlap, E. (2012). Video game genre as a predictor of problem use. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, *15*(3), 155-161.

Doğusoy, B., & İnal, Y. (2006). Çok kullanıcılı bilgisayar oyunları ile öğrenme. *VII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi*, 7-9.

Google, (2018). Google Maps API. Retrieved from https://developers.google.com/maps/gaming

Heineman, D.S. (2016). Porting game studies research to virtual reality. *New Media Soc.* 18, 2793-2799

Kurbanoğlu, S. S. (1996). Sanal gerçeklik: Gerçek mi, değil mi?. *Türk Kütüphaneciliği*, 10(1), 21-31.

Riva, G., Mantovani, F., Capideville, C. S., Preziosa, A., Morganti, F., Villani, D., ... & Alcañiz, M. (2007). Affective interactions using virtual reality: the link between presence and emotions. *CyberPsychology & Behavior*, *10*(1), 45-56.

Roser M., Ortiz-Ospina E. (2018). World Population Growth. Retrieved from https://ourworldindata.org/world-population-growth

Statista, (2018). Facebook: number of monthly active users worldwide 2008-2018. Retrieved from https://www.statista.com/statistics/264810/number-of-monthly-active-facebook-users-worldwide

Statista, (2018). Virtual reality (VR) revenue in the United States, China and Japan from 2016 to 2021 (in billion U.S. dollars). Retrieved from https://www.statista.com/statistics/829884/virtual-reality-revenue-us-china-japan

Wikipedia, (2018). MMORPG. Retrieved from https://tr.wikipedia.org/wiki/MMORPG

ANDROİD ZARARLI YAZILIM TESPİT VE KORUNMA ÇALIŞMALARI

Murat Önder*

***** Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Ankara, Türkiye

E-posta: murat.onder1@gazi.edu.tr

Özet: Mobil cihazların en iyi performansla çalışması için optimize edilmiş olan ve günümüzde en yaygın kullanılan mobil cihaz işletim sistemi olan Android işletim sisteminde çeşitli görevlerin yerine getirilebilmesi için cihaz üzerine telefon rehberi, mesajlaşma, takvim, alarm, medya oynatıcı, internet tarayıcı vb. uygulamalar kurulmaktadır. Bu uygulamalar Android işletim sisteminin resmi uygulama mağazası olan Google Play Store'dan ya da üçüncü parti uygulama mağazalarından indirilebileceği gibi kurulum dosyasının başka ortamlarda paylaşılması yoluyla da elde edilebilir. Ancak mobil cihazın etkinliğini artırma amaçlı uygulamaların yanı sıra çok sayıda zararlı uygulama da geliştirilmekte ve uygulama mağazalarına yüklenmektedir. Google Play Store'a uygulama yüklenmeden önce herhangi bir güvenlik denetimi yapılmamakta, geliştirilen zararlı yazılımlar kolayca uygulama mağazasına yüklenebilmektedir. Yüklenmiş olan uygulamalar Google tarafından hizmete sunulan Google Play Protect ile düzenli olarak taranmasına rağmen yine de uygulama mağazasında zararlı uygulamalar bulunabilmektedir. Ayrıca üçüncü parti uygulama mağazaları aracılığıyla da zararlı yazılımlar yayılma fırsatı bulmaktadır. Çeşitli güvenlik şirketlerinin yayınladığı raporlarda Android işletim sistemine yönelik zararlı yazılım miktarı milyonlarla ifade edilmektedir. Geliştirilen çok büyük miktardaki zararlı yazılıma karşın Android işletim sistemi tarafından kullanılan izin tabanlı güvenlik mekanizması mobil cihazın güvenliği konusunda kullanıcılara büyük sorumluluk yüklemektedir. Kullanıcıların uygulama izinleri konusunda yeterli bilgiye ve bilince sahip olmamaları ise kullandıkları mobil cihazlara zararlı yazılım bulaşma riskini çok büyük oranda artırmaktadır. Bu nedenle zararlı yazılımların kullanıcılara ulaşmadan önce tespit edilip engellenmeleri, mobil cihazlara kurulan zararlı yazılımların ise cihaza ve kullanıcıya zarar vermelerinin ve hassas verileri sızdırmalarının önlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu amaç doğrultusunda çeşitli araştırmacılar tarafından Android işletim sistemine yönelik zararlı yazılımların tespit edilmesi ve bu

yazılımlardan korunma amacıyla çok çeşitli yaklaşımlar ve sistemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada bugüne kadar bu amaçla yapılmış çeşitli çalışmalar incelenmiş, bu çalışmaların temel özellikleri irdelenmiş ve zararlı yazılımla mücadele yetenekleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Android, zararlı yazılım tespiti, mobil güvenlik

Giriş

Android işletim sistemi ilk olarak 2003 yılında kurulan Android Inc. tarafından geliştirilmeye başlanmış Linux tabanlı açık kaynak kodlu bir mobil cihaz işletim sistemidir (Android (operating system), 2019). Android Inc. Şirketi 2005 yılında Android Inc. şirketi Google şirketi tarafından satın alınmış ve 2007 yılında mobil cihazlar için açık standartlar geliştirmek üzere Google'ın öncülüğünde Open Handset Alliance konsorsiyumu kurulmuştur. Android hâlihazırda Google ve Open Handset Alliance konsorsiyumu tarafından geliştirilmektedir (Open Handset Alliance, 2019). İlk ticari sürümü olan 1.0 sürümü 2008 yılı Eylül ayında piyasaya sürülen Android mobil cihaz piyasasındaki pazar payını hızla artırarak kısa sürede liderliği ele geçirmiş olup 2018 yılında %85,1'lik pazar payı ile en yaygın kullanılan mobil cihaz işletim sistemidir (Smartphone Market Share, 2019).

Mobil cihazların görevlerini yerine getirebilmesini ve son kullanıcılarla etkileşime geçebilmesini sağlamak amacıyla Android işletim sisteminin üzerine çeşitli uygulamalar kurulmaktadır. Bu uygulamaların indirilmesini ve kurulumunu kolaylaştırmak amacıyla 2008 yılında Android Market uygulama mağazası hizmete sunulmuş, 2012 yılında ismi Google Play Store olarak değiştirilmiştir. Çeşitli uygulama geliştiriciler tarafından geliştirilen uygulamalar Google Play Store'dan kullanıcılara sunulmaktadır. Hâlihazırda Google Play Store'daki uygulama sayısı Haziran 2019 itibariyle 2 milyon 659 bin civarındadır (Number of Android apps on Google Play, 2019).

Uygulama indirme ve kurma konusunda kullanıcılara büyük kolaylık getirmesine karşın uygulama mağazaları tamamen güvenli değildir. Yapılan araştırmalara göre uygulama mağazalarında sunulan yüksek miktardaki uygulama arasında çok fazla zararlı yazılım da bulunmakta ve zararlı yazılım miktarı hızla artmaktadır (Felt ve ark., 2011a; Zhou ve ark., 2012a). Örneğin G DATA analistlerinin 2018 yılında üçüncü çeyrek sonu itibariyle 3,2 milyon yeni zararlı uygulama örneği tespit ettikleri açıklanmıştır (Cyber attacks on Android devices on the rise, 2018). McAfee Labs tarafından yayınlanan 2019 yılı birinci çeyrek mobil tehdit raporunda ise 2018 yılı sonu itibariyle toplamda 30 milyondan fazla mobil zararlı yazılım olduğu açıklanmıştır (Samani ve ark., 2019).

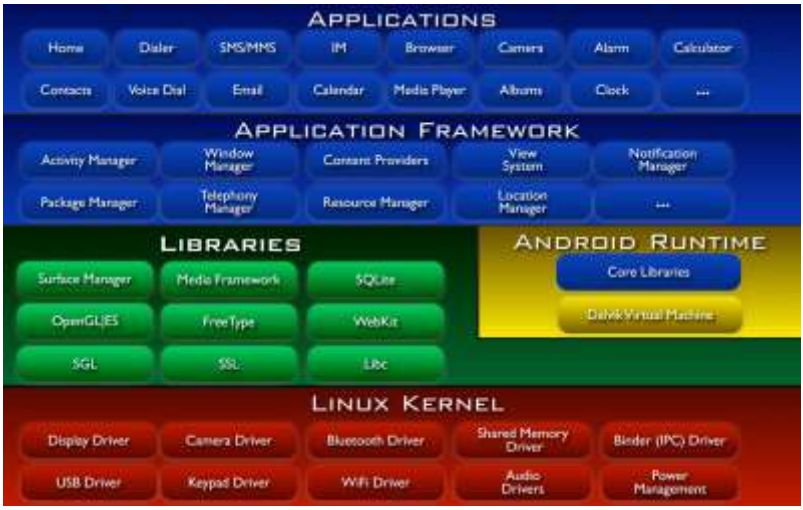
Android işletim sistemine yönelik zararlı yazılımların kullanıcılara ulaşmadan önce tespit edilip engellenmeleri, mobil cihazlara kurulan zararlı yazılımların ise cihaza ve kullanıcıya zarar vermelerinin ve hassas verileri sızdırmalarının önlenmesi amacıyla çeşitli araştırmacılar tarafından çok çeşitli yaklaşımlar ve sistemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada bugüne kadar bu amaçla yapılmış çeşitli çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmaların temel özellikleri irdelenmiştir. 2. bölümde Android işletim sisteminin yapısı ve izin tabanlı güvenlik mekanizması sunulmuş, 3. bölümde Android sistemindeki zararlı yazılımları tespit etmek ve/veya bunlardan korunmak için yapılan çalışmalar incelenmiş ve 4. bölümde sonuç ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

Android İşletim Sistemi ve Güvenlik Mekanizması

Bu bölümde önce Android işletim sisteminin yapısı, ardından Android uygulamalarının yapısı ve son olarak Android işletim sisteminin izin tabanlı güvenlik mekanizması sunulacaktır.

Android İşletim Sistemi

Android işletim sistemi Linux kernel üzerine inşa edilmiş ve temel olarak akıllı telefonlar, tabletler vb. dokunmatik cihazlar için geliştirilmiş çok katmanlı bir işletim sistemidir. Şekil 1'de Android işletim sisteminin mimarisi sunulmuştur.

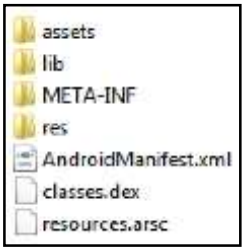


Şekil 1 ***Android işletim sistem mimarisi (Android (operating system), 2019)***

Android işletim sisteminin alt katmanında mobil cihazın ekran, kamera, pil, wifi, bluetooth, USB, ses vb. donanım bileşenleri ile iletişimi sağlayan

özelleştirilmiş bir Linux çekirdek bulunmaktadır. Orta katmanda çeşitli kütüphaneler ve Android Dalvik Sanal Makinesi ile uygulama çatısı bulunmaktadır. Üst katmanda ise kullanıcı ile etkileşimin gerçekleştirildiği ve akıllı cihazın görevlerini yapmasını sağlayan çağrı uygulaması, mesajlaşma uygulaması, internet tarayıcı, kamera uygulaması gibi çeşitli uygulamalar bulunmaktadır. Android 5.0 Lollipop sürümünde Dalvik Sanal Makinesinin yerini Android Runtime (ART) çalıştırma ortamı almıştır (Linder B., 2014).

Android işletim sisteminde çalışacak uygulamalar önce Android Application Programming Interface (API) kullanılarak Java dilinde yazılır, ardından yazılan kod Java bytecode olarak derlenir ve .class uzantılı dosyalar oluşur. Daha sonra dx derleyicisi ile bütün Java .class dosyaları Dalvik bytecode olarak derlenir, .dex formatına dönüştürülür ve tek bir classes.dex dosyasında toplanır. Uygulama kodunun yanı sıra uygulamanın kullandığı kaynaklar ve uygulamanın çalışması için gereken izinleri bildiren AndroidManifest.xml dosyası tek bir Android Application Package (APK) içine toplanır. Son olarak APK paketi geliştirici tarafından imzalanarak kullanıma sunulur. Android işletim sistemine kurulacak uygulamalar APK dosyası olarak Google Play Store'dan ya da harici üçüncü parti uygulama mağazalarından indirilebilir veya başka bir kaynaktan alınabilir. Şekil 2'de örnek bir APK dosyası içeriği gösterilmektedir.



Şekil 2 ***Örnek bir APK dosyası içeriği***

Android Güvenlik Mekanizması

Uygulamaların çalışma sırasında hangi kaynaklara erişebileceklerini ve hangi işlemlerini yapabileceklerini belirlemek amacıyla Android işletim sisteminde izin tabanlı güvenlik mekanizması kullanılmaktadır. Uygulamanın çalışması için gereken izinler uygulama geliştiricileri tarafından AndroidManifest.xml dosyası içinde belirtilmelidir. Uygulama kurulmadan önce uygulama için talep edilen izinler kullanıcıya gösterilmekte ve kullanıcının talep edilen izinlere onay vermesi beklenmektedir. Android işletim sistemi "hepsi ya da hiçbiri" şeklinde bir izin onay politikası uygulamaktadır. Kullanıcı izinlerin ya hepsini onaylar, böylece uygulama cihaza kurulur ya da kullanıcı izin talebini

reddeder, uygulamanın kurulumu sonlandırılır, uygulama kurulmaz. Kullanıcı kurulum sırasında izinleri tek tek seçememektedir, ya hepsine birden izin vermeli ya da hepsini birden reddetmelidir. Bu sistem Android 6.0 Marshmallow sürümünde değiştirilmiştir, bu sürümle birlikte uygulamanın çalışması sırasında kullanıcılardan izin talep edilmeye başlanmış, kullanıcılara istedikleri şekilde ayrı ayrı izin verebilme imkanı sunulmuştur (Amadeo R., 2015). CM Launcher uygulamasının AndroidManifest.xml dosyasından alınan örnek izin talepleri Şekil 3'te gösterilmektedir.

```
<uses-permission android:name="android.permission.READ_EXTERNAL_STORAGE"/>
<uses-permission android:name="com.android.launcher.permission.READ_SETTINGS"/>
<uses-permission android:name="com.android.launcher.permission.WRITE_SETTINGS"/>
<uses-permission android:name="com.ksmobile.launcher.permission.READ_SETTINGS"/>
<uses-permission android:name="com.ksmobile.launcher.permission.WRITE_SETTINGS"/>
<uses-permission android:name="android.permission.KILL_BACKGROUND_PROCESSES"/>
<uses-permission android:name="com.android.alarm.permission.SET_ALARM"/>
<uses-permission android:name="android.permission.GET_TASKS"/>
<uses-permission android:name="android.permission.SYSTEM_ALERT_WINDOW"/>
<uses-permission android:name="android.permission.SYSTEM_OVERLAY_WINDOW"/>
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNAL_SYSTEM_WINDOW"/>
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION"/>
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION"/>
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_NETWORK_STATE"/>
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_WIFI_STATE"/>
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_WEATHERCLOCK_PROVIDER"/>
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET"/>
```

Şekil 3 ***Örnek AndroidManifest.xml izin talepleri***

Android işletim sisteminin 4.4 KitKat sürümüne kadar talep edilebilecek izin sayıları Şekil 4'te gösterilmektedir.

version name	Version number	API Level	Total Permissions
KitKat	4.4	19	145
Jelly Bean	4.3	18	134
	4.2	17	130
	4.1	16	130
Ice Cream Sandwich	4.0.3	15	124
	4.0	14	122
Honeycomb	3.2	13	117
	3.1	12	116
	3.0	11	116
Gingerbread	2.3.4	10	115
	2.3.3	9	115
Froyo	2.2	8	112

Şekil 4 ***Android sürümlerine göre izin sayıları (Simanjuntak T., 2014)***

Android işletim sisteminde çok sayıda izin olmasına rağmen izin tabanlı güvenlik mekanizmasının zararlı yazılımlara karşı yeterli güvenliği sağlayamadığı çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Fang ve ark. yaptıkları çalışmada izin mekanizması ile ilgili olarak izinlerin kabaca bölümlenmesi, yeteneksiz izin yöneticileri, yetersiz izin dokümantasyonu, aşırı izin talebi, izin yükseltme saldırısı ve kontrol zamanı kullanım zamanı saldırısı alanlarında sorunlar bulunduğunu belirlemişler ve bu sorunlu alanlarla ilgili olarak literatürde yapılan çalışmaları özetleyerek çeşitli istatistikler sunmuşlardır (Fang ve ark., 2014).

Android Zararlı Yazılım Tespit ve Korunma Çalışmaları

Bu bölümde Android işletim sistemindeki zararlı yazılımlara karşı mücadele kapsamında zararlı yazılımları tespit etme ya da zararlı yazılımlardan korunma amacıyla yapılan çalışmalar incelenecektir.

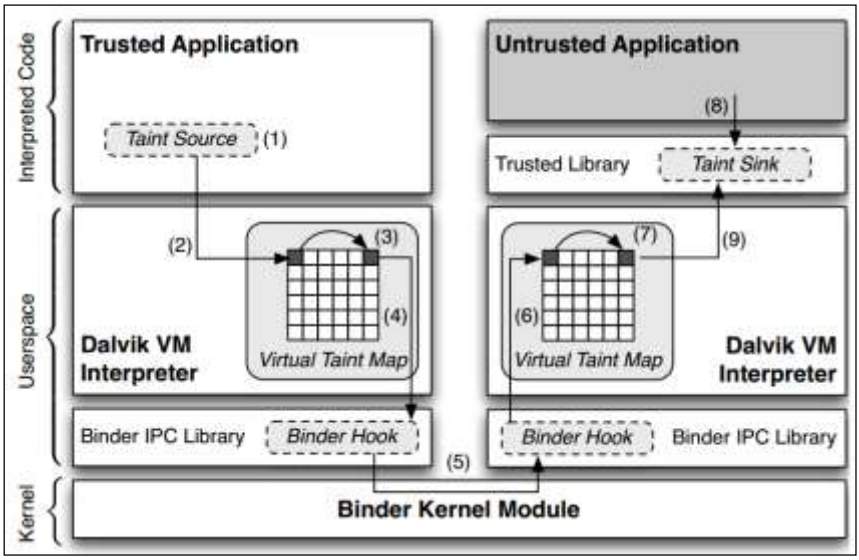
Geliştirilen uygulamalardaki aşırı izin taleplerini tespit etmek amacıyla Felt ve ark. tarafından Stowaway aracı geliştirilmiştir (Felt ve ark., 2011b). Bu araç verilen herhangi bir uygulamayı incelemekte ve bu uygulamanın gerektireceği en büyük izin kümesini tespit etmektedir. Araç önce çözülen dex dosyalarında tüm standart API yöntemlerine yapılan çağrıları bulmakta ve bu çağrılardan gereken izinleri ortaya çıkarmaktadır. Bu araçla yapılan analizlerde 940 Android uygulaması incelenmiş ve incelenen uygulamaların yaklaşık üçte birinin aşırı izin talep ettiği bulunmuştur.

Beresford ve ark. tarafından geliştirilen MockDroid uygulaması kullanıcıların çalışma sırasında belirli kaynaklara erişim izinlerini iptal edebilmelerine imkan tanımaktadır (Beresford ve ark., 2011). İptal edilen izinler için, ilgili fonksiyonları çağıran uygulamalara sahte veriler sağlanmaktadır. Sahte veri sağlanabilecek kaynaklar arasında cihaz bilgileri, konum, internet, mesajlar, takvim, rehber vb. bulunmaktadır.

Zhou ve ark. tarafından geliştirilen TISSA uygulaması Android cihazlar için özel bir mod tanımlamaktadır (Zhou ve ark., 2011). Bu özel mod sayesinde kullanıcılar hangi kişisel bilgilerin belirli bir uygulama tarafından erişilebilir olacağını belirleyebilmektedir. Ayrıca MockDroid uygulamasına benzer şekilde TISSA uygulaması da özel verilerin erişimine çalışma zamanında müdahale edebilmektedir. Bu amaçla TISSA uygulaması Boş, Anonim, Sahte, Güvenilir şeklinde dört farklı seçenek sunmaktadır.

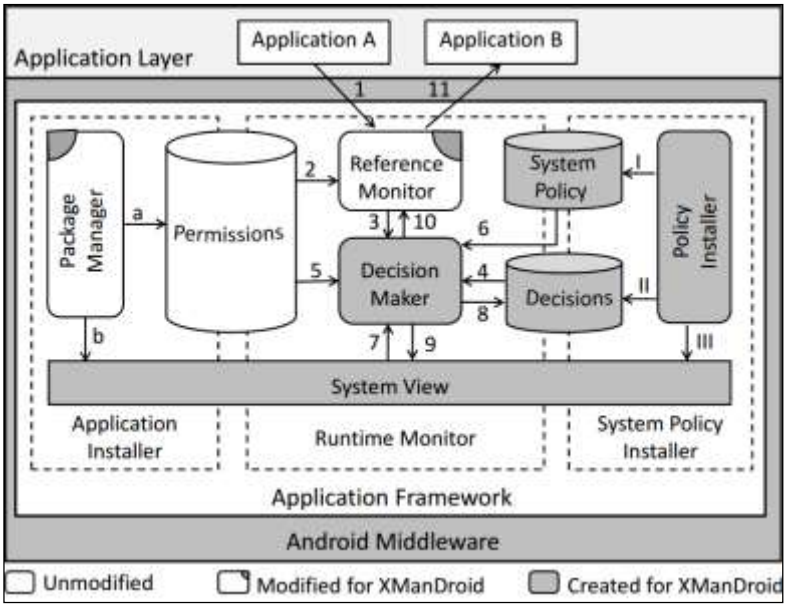
Enck ve ark. tarafından kişisel hassas veri kaynaklarından çıkan verileri etiketleyen ve hassas veriler uygulamaların içinde ve arasında ilerledikçe etiketler uygulayan, bu suretle bilgi akışını takip eden TaintDroid uygulamasını geliştirmişlerdir (Enck ve ark., 2010). Herhangi bir etiketlenmiş verinin cihazdan

çıkmaya çalışması durumunda hassas veriyi sızdıran uygulamaya ilişkin olarak kullanıcı uyarılmaktadır. Android işletim sistemi içinde TaintDroid uygulamasının mimarisi Şekil 5'te gösterilmektedir.



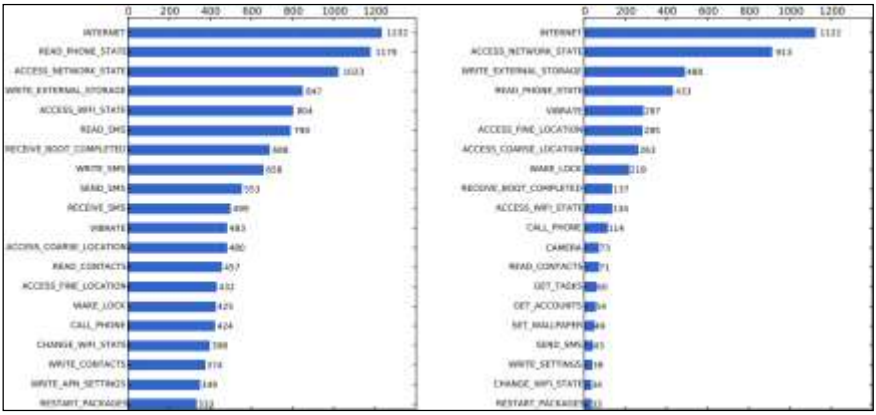
Şekil 5 ***Android içinde TaintDroid mimarisi (Enck ve ark., 2010)***

Bugiel ve ark. tarafından geliştirilen XManDroid uygulaması uygulamaları arasındaki ilişkileri çalışma zamanında izler ve analiz eder, böylece uygulamaların belirlenmiş bir erişim politikasına uygun davranmasını sağlar (Bugiel ve ark., 2011). XManDroid, Inter-Component Communication (ICC) üzerinden yapılan veri aktarımlarını inceler ve politikalara bağlı kararlar verir. Belirli ICC çağrılarına izin vermek ya da bunları engellemek için kullanıcıların onay vermesini isteyebilir. XManDroid mimarisi Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6 ***XManDroid mimarisi (Bugiel ve ark., 2011)***

Zhou ve Jiang yaptıkları çalışmada zararlı yazılımların talep ettikleri izinlerinin frekans sayımı yöntemiyle zararlı yazılımların bir sınıflandırmasını çıkarmaya çalışmışlardır. Bu amaçla 49 farklı aileden toplam 1260 Android zararlı yazılımı toplamışlardır. Toplanan 1260 yazılımın 1083 tanesinin (%86,0) temiz uygulamaların zararlı kod ile birlikte yeniden paketlenmiş hali olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca toplanan yazılımların cihaz üzerindeki yeteneklerine ilişkin çeşitli tespitler yapmışlardır. Zhou ve Jiang bu veri setinde bulunan yazılımların ve resmi Android mağazasından alınan 1260 en popüler ücretsiz temiz yazılımın en çok talep ettikleri izinleri karşılaştırmışlardır. Şekil 7'de bu karşılaştırma görülmektedir (Zhou ve ark., 2012b).



Şekil 7 ***1260 zararlı yazılımın ve resmi Android mağazasından alınan en popüler 1260 ücretsiz temiz yazılımın en çok talep ettiği izinler (Zhou ve ark., 2012b)***

Moonsamy ve ark. yaptıkları çalışmada zararlı yazılımları tespit etmek amacıyla hangi talep edilen ve hangi kullanılan izin modellerinden faydalanılabileceği, kullanılan izinlerin izin modellerine eklenmesiyle faydalı bilgi elde edilip edilemeyeceği ve beklenen izin modellerini belirleme üzerine çalışmışlardır. Öncelikle kullandıkları temiz ve zararlı uygulama veri kümelerindeki uygulamaların en çok talep ettiği ve en çok kullandığı izinleri doğrudan frekans sayımı yöntemiyle belirlemişlerdir. Daha sonra ikili kümeleme yöntemini kullanarak talep edilen ve kullanılan izinler ile uygulamalar arasındaki ilişkileri görsel grafikler olarak ortaya çıkarmışlardır. Ardından temiz uygulamalar ile zararlı uygulamalar arasında en fazla ayrım gösteren izin gruplarını belirlemişler ve bu yolla zararlı uygulamalar ile temiz uygulamaları ayırmayı hedeflemişlerdir. Yaptıkları incelemeye göre temiz ve zararlı uygulamaların en çok talep ettikleri izinler Şekil 8'de gösterilmiştir (Moonsamy ve ark., 2014).

Top 20 required permissions by clean and malicious applications.

Clean applications		Malicious applications	
Required permission	Frequency	Required permission	Frequency
INTERNET	1121 (91.36%)	INTERNET	1199 (97.72%)
ACCESS_NETWORK_STATE	663 (54.03%)	ACCESS_COARSE_LOCATION	1146 (93.40%)
READ_PHONE_STATE	393 (31.87%)	VIBRATE	994 (81.01%)
WRITE_EXTERNAL_STORAGE	362 (29.50%)	WRITE_EXTERNAL_STORAGE	823 (67.07%)
ACCESS_COARSE_LOCATION	236 (19.23%)	READ_SMS	779 (63.49%)
VIBRATE	210 (17.11%)	WRITE_SMS	762 (62.10%)
WAKE_LOCK	188 (15.32%)	READ_CONTACTS	680 (55.42%)
ACCESS_FINE_LOCATION	162 (13.20%)	BLUETOOTH	633 (51.59%)
GET_TASKS	125 (10.19%)	WRITE_CONTACTS	542 (44.17%)
SET_WALLPAPER	102 (8.31%)	DISABLE_KEYGUARD	491 (40.02%)
ACCESS_WIFI_STATE	64 (5.22%)	WAKE_LOCK	471 (38.39%)
RECEIVE_BOOT_COMPLETED	60 (4.89%)	RECORD_AUDIO	461 (37.57%)
READ_CONTACTS	58 (4.73%)	ACCESS_FINE_LOCATION	446 (36.35%)
WRITE_SETTINGS	45 (3.67%)	ACCESS_NETWORK_STATE	416 (33.90%)
CAMERA	43 (3.50%)	READ_PHONE_STATE	414 (33.74%)
CALL_PHONE	42 (3.42%)	SET_ORIENTATION	413 (33.66%)
SEND_SMS	34 (2.77%)	CHANGE_WIFI_STATE	384 (31.30%)
RESTART_PACKAGES	32 (2.61%)	READ_LOGS	361 (29.42%)
RECEIVE_SMS	31 (2.53%)	BLUETOOTH_ADMIN	342 (27.87%)
RECORD_AUDIO	27 (2.20%)	RECEIVE_BOOT_COMPLETED	325 (26.48%)

Şekil 8 ***Temiz ve zararlı uygulamalar tarafından en çok talep edilen 20 izin (Moonsamy ve ark., 2014)***

Moonsamy ve ark.'nın yaptıkları araştırmaya göre temiz ve zararlı uygulamaların en çok kullandıkları izinler Şekil 9'da gösterilmiştir.

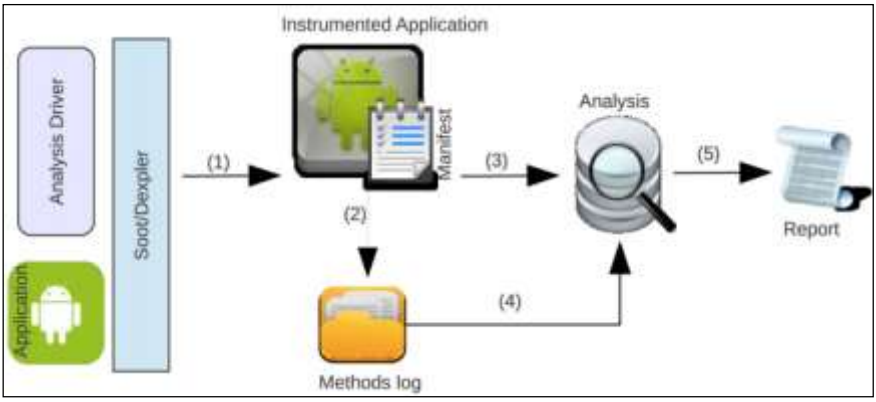
Top 20 used permissions by clean and malicious applications.

Clean applications		Malicious applications	
Used permission	Frequency	Used permission	Frequency
INTERNET	1029 (83.86%)	INTERNET	1161 (94.62%)
WAKE_LOCK	816 (66.50%)	ACCESS_COARSE_LOCATION	1125 (91.69%)
ACCESS_NETWORK_STATE	738 (60.15%)	VIBRATE	954 (77.75%)
VIBRATE	608 (49.55%)	WAKE_LOCK	826 (67.32%)
READ_PHONE_STATE	457 (37.25%)	ACCESS_WIFI_STATE	584 (47.60%)
ACCESS_COARSE_LOCATION	372 (30.32%)	ACCESS_NETWORK_STATE	519 (42.30%)
SET_WALLPAPER	126 (10.27%)	READ_SMS	473 (38.55%)
ACCESS_FINE_LOCATION	116 (9.45%)	WRITE_CONTACTS	426 (34.72%)
GET_ACCOUNTS	98 (7.99%)	READ_PHONE_STATE	354 (28.85%)
ACCESS_WIFI_STATE	85 (6.93%)	RECORD_AUDIO	319 (26.00%)
READ_SMS	82 (6.68%)	SET_WALLPAPER	297 (24.21%)
RESTART_PACKAGES	65 (5.30%)	ACCESS_FINE_LOCATION	199 (16.22%)
GET_TASKS	61 (4.97%)	GET_ACCOUNTS	178 (14.51%)
CHANGE_CONFIGURATION	55 (4.48%)	GET_TASKS	124 (10.11%)
RECEIVE_SMS	37 (3.02%)	RECEIVE_BOOT_COMPLETED	111 (9.05%)
FLASHLIGHT	37 (3.02%)	ACCESS_CACHE_FILESYSTEM	101 (8.23%)
WRITE_CONTACTS	34 (2.77%)	WRITE_OWNER_DATA	59 (4.81%)
RECEIVE_BOOT_COMPLETED	23 (1.87%)	CHANGE_CONFIGURATION	52 (4.24%)
WRITE_OWNER_DATA	12 (0.98%)	READ_HISTORY_BOOKMARKS	49 (3.99%)
WRITE_SETTINGS	10 (0.81%)	EXPAND_STATUS_BAR	41 (3.34%)

Şekil 9 ***Temiz ve zararlı uygulamalar tarafından en çok kullanılan 20 izin (Moonsamy ve ark., 2014)***

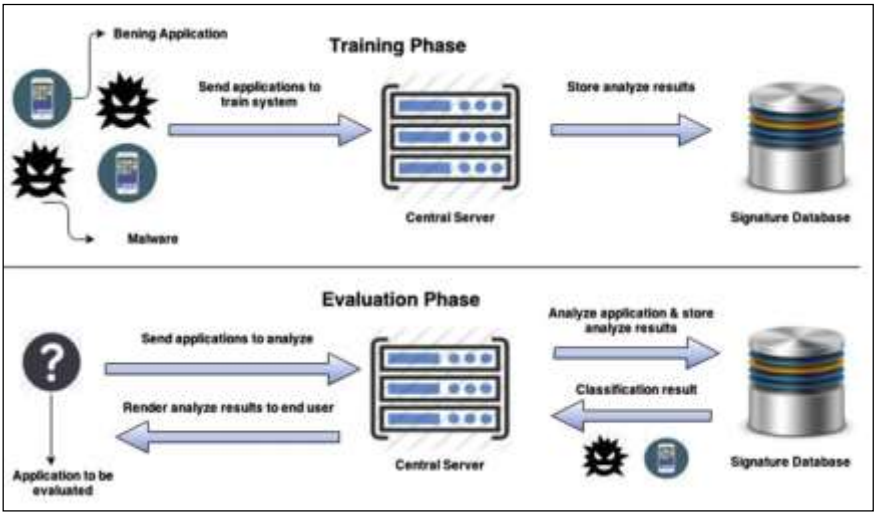
Geneiatakis ve ark. yaptıkları çalışmada uygulamaların aşırı izin taleplerini tespit etmek maksadıyla uygulamaların bir Soot çerçevesi tabanlı Dexpler aracı ile analiz edilmesi ve yeniden paketlenmesine dayanan bir yaklaşım geliştirmişlerdir. İncelenen uygulamaların manifest dosyasında talep ettiği izinler, statik kod analizi sonucunda tespit edilen izinler ve dinamik analiz sonucunda tespit edilen izinler belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Uygulamaları test etmek maksadıyla 1500 farklı olay ile Android Monkey test paketi kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda incelenen uygulamaların %87'sinin aşırı

izin talep ettiği tespit edilmiştir. Önerilen izin doğrulama yaklaşımının çalışma mantığı Şekil 10'da gösterilmiştir (Geneiatakis ve ark., 2015).



Şekil 10 Önerilen izin doğrulama yaklaşımı. Soot/Dexpler uygulamayı analiz eder ve çalıştırılan yöntemleri izlemek amacıyla küçük kod parçacıkları ekler (1). Uygulama her çalıştığında tüm yöntemler kaydedilir ve analiz edilir (3, 4). Böylece uygulamanın tüm talep edilen izinleri kullanıp kullanmadığı belirlenir (Geneiatakis ve ark., 2015).

Kabakus ve ark. yaptıkları çalışmada Android uygulamalarını incelemek üzere bir merkezi analiz sunucusuna, bir imza veritabanına ve uygulama analiz talepleri göndermek amacıyla son kullanıcılar tarafından kullanılan bir Android uygulamasına sahip APK Auditor isimli bir sistem geliştirmişlerdir. Merkezi sunucu analiz edilmesi talep edilen uygulamanın son sürümünü Google Play mağazasından indirir ve uygulamayı manifest dosyasında talep ettiği izinlere göre analiz eder. Analiz işlemi, her bir iznin zararlı yazılımlarda kullanılma oranına göre belirlenen izin zararlı yazılım puanı ve uygulamanın talep ettiği tüm izinlerin izin zararlı yazılım puanlarının toplamı olan uygulama zararlı yazılım puanına göre yapılır. Eğer uygulama zararlı yazılım puanı önceden belirlenen bir değerin üzerindeyse uygulamanın zararlı olduğu değerlendirilir. Temiz ve zararlı uygulamaları ayırmak için en ideal zararlı yazılım eşik değeri alıştırma veri kümesi kullanılarak lojistik regresyon yöntemiyle belirlenmiştir. Geliştirilen sistem 8762 uygulama üzerinde test edilmiştir. Toplanan uygulamaların yaklaşık %70'i alıştırma safhasında kullanılmış olup 2629 uygulama test maksadıyla kullanılmıştır. Sistem 2321 doğru tespit yapmış ve %88,28'lik bir başarıya ulaşmıştır (Kabakus ve ark., 2015). APK Auditor sisteminin mimari yapısı ve çalışma mantığı Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11 ***APK Auditor yazılım mimarisi (Kabakus ve ark., 2015)***

Sonuç ve Değerlendirmeler

Android dünyasındaki zararlı yazılımlarla ilgili pek çok araştırmacı ve güvenlik şirketi tarafından yapılan araştırmalara göre hâlihazırda hem resmi uygulama mağazalarında hem de üçüncü parti uygulama mağazalarında sunulan milyonlarca uygulama arasında çok fazla zararlı yazılım da bulunmakta ve hem zararlı yazılım miktarı hem de zararlı yazılım ailesi sayısı günden güne hızla artmaktadır. Bununla birlikte geliştirilen zararlı yazılımlar sürekli olarak daha karmaşık ve daha yetenekli hale getirilmektedir. Google Play mağazasına yüklenen zararlı yazılımları engellemek amacıyla Google Play mağazasına yüklenen zararlı yazılımları engellemek amacıyla Google tarafından devreye alınan Google Play Protect çeşitli tekniklerle atlatılabilmektedir. Ayrıca mobil cihazlarda çalışan uygulamaların çalışma sırasında hangi kaynaklara erişebileceklerini ve hangi işlemlerini yapabileceklerini belirlemek amacıyla Android işletim sisteminde izin tabanlı güvenlik mekanizması kullanılmaktadır. Bu mekanizmada güvenliğin sağlanabilmesi için kullanıcılara büyük sorumluluklar düşmektedir. Ancak yapılan araştırmalara göre kullanıcıların büyük çoğunluğu talep edilen izinlerin ne anlama geldiğini, kendileri için ne gibi tehditler ortaya çıkaracağını bilmemekte ve kurmak istedikleri uygulamanın kurulması için izinleri kontrol etmeden onaylamaktadır. Bu da zararlı yazılımların mobil cihazlara kolayca yerleşebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle mobil cihazlarda güvenliği sağlamak amacıyla zararlı yazılımları tespit eden ya da bu zararlı yazılımların etkilerini azaltan, hassas verilere erişmelerini ve sızdırmalarını engelleyen güvenlik çözümlerine büyük ihtiyaç vardır.

Hâlihazırda hiçbir çözüm zararlı yazılımları tam olarak engelleyememektedir, ancak zararlı yazılımların gelişmesine paralel olarak bu konuda çalışan araştırmacıların çözüm önerileri de sürekli olarak gelişmektedir. Bu kapsamda mevcut çalışmaların avantajlı yönlerini birleştirerek zararlı yazılımları tespit etmek amacıyla etkin yöntemler kullanan, analiz sonuçlarını saklayarak bir analiz bankası oluşturan ve kendi kendini sürekli geliştiren merkezi zararlı yazılım tespit sistemlerinin gelecekte daha önemli hale gelmesi muhtemeldir.

Kaynaklar

Amadeo R (2015, 5 Ekim). Android 6.0 Marshmallow, thoroughly reviewed. http://arstechnica.com/gadgets/2015/10/android-6-0-marshmallow-thoroughly-reviewed/5.

Android (operating system) (2019, 12 Haziran). https://en.wikipedia.org/wiki/ Android_(operating_ system).

Beresford A.R, Rice A, Skehin N, Sohan R (2011). Mockdroid: trading privacy for application functionality on smartphones, HotMobile, Phoenix, Arizona, ABD, 1-2 Mart, 49-54.

Bugiel S, Davi L, Dmitrienko A, Fischer T, Sadeghi A (2011). "XManDroid: a new Android evolution to mitigate privilege escalation attacks", Technical Report TR-2011-04, Technische Universitat Darmstadt, 1-17.

Cyber attacks on Android devices on the rise (2018, 11 Temmuz). https://www. gdatasoftware.com/blog/2018/11/31255-cyber-attacks-on-android-devices-on-the-rise.

Enck W, Gilbert P, Chun B.G, Cox L.P, Jung J, McDaniel P, Sheth A.N (2010). Taintdroid: an information-flow tracking system for realtime privacy monitoring on smartphones, USENIX OSDI, Vancouver, BC, Kanada, 4-6 Ekim, 1-6.

Fang, Z, Han W, Li Y (2014). Permission based Android security: Issues and countermeasures, Computers & Security, 43, 205–218.

Felt A.P, Finifter M, Chin E, Hanna S, Wagner D (2011). A survey of mobile malware in the wild, SPSM, Chicago, Illinois, ABD, 17-21 Ekim, 3–14.

Felt A.P, Chin E, Hanna S, Song D, Wagner D (2011). Android permissions demystified, ACM CCS, Chicago, Illinois, ABD, 17-21 Ekim, 627-637.

Geneiatakis D, Fovino I.N, Kounelis I, Stirparo P (2015). A Permission verification approach for android mobile applications, Computer Systems, 49, 192–205.

Kabakuş A.T, Doğru İ.A, Çetin A (2015). APK Auditor: Permission-based Android malware detection system, Digital Investigation, 13, 1–14.

Linder B (2014, 15 Ekim), What's new in Android 5.0 Lollipop?. http://liliputing.com/2014/10/whats-new-android-5-0-lollipop.html.

Moonsamy V, Rong J, Liu S (2014). Mining permission patterns for contrasting clean and malicious android applications, Future Generation Computer Systems, 36, 122–132.

Number of Android apps on Google Play (2019, 12 Haziran). https://www.appbrain.com/ stats/number-of-android-apps.

Open Handset Alliance (2019, 12 Haziran). http://www.openhandsetalliance.com.

Samani R, Davis, G (2019). McAfee Mobile Threat Report Q1, 2019. https://www.mcafee.com/enterprise/en-us/assets/reports/rp-mobile-threat-report-2019.pdf.

Simanjuntak T (2014, 29 Nisan), Permission in Android Security: Threats and solution. http://www.slideshare.net/tandhy/threats-and-solution-v2.

Smartphone Market Share (2019, 12 Haziran). http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp.

Zhou Y, Zhang X, Jiang X, Freeh V.W (2011). Taming information-stealing smartphone applications (on android). TRUST, Pittsburgh, PA, ABD, 22-24 Haziran, 93-107.

Zhou Y, Wang Z, Zhou W, Jiang X (2012). Hey, You, Get Off of My Market: Detecting Malicious Apps in Official and Alternative Android Markets, 19th Annual Network and Distributed System Security Symposium (NDSS), San Diego, California, ABD, 5-8 Şubat.

Zhou Y, Jiang X (2012). Dissecting Android malware: characterization and evolution, IEEE Symposium on Security and Privacy, San Francisco, California, ABD, 2012, 20-23 Mayıs, 95–109.

TİTANYUM ALAŞIMI DİSTAL FEMUR PLAK HASAR ANALİZİ

Seda DEMİR*
**Kocaeli Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye*
E-mail: sedademir014@gmail.com
İbrahim MUTLU**
***Kocaeli Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye*
E-mail: ibrahim.mutlu@kocaeli.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, ortopedik cerrahide femur kırıklarının iç fiksasyonu ve onarımı için kullanılan ve tedavi sürecinde hasara uğrayıp çıkartılan distal femur plak hasarı incelenmiştir. Ortopedik cerrahide kırık tedavileri için kullanılan bu plaklar, vücut içerisinde olması ve maruz kaldığı yükleme durumlarından dolayı, kullanım esnasında hasara uğrayabilmektedirler. Ortopedik plakaların kırılmasına neden olan birçok faktör vardır. Bunlar malzeme seçimi, mekanik tasarım, imalat uygulamaları, hastanın yanlış kullanımı, korozyon, aşınma ve yorulma gibi nedenlerdir. Bu sebepler göz önünde bulundurularak, distal femur plaklarının başarısızlık nedenlerini incelemek, daha sonra oluşacak istenmeyen olumsuz durumları çözümler üretmeye yardımcı olacaktır. Bu çalışmada vücut içi plakalarından biri olan titanyum alaşımlı distal femur plakası, özellikle fraktografi bilimine dayanan yöntemler ile incelenerek hasar analizi yapılmıştır. Hasar analizi için yapılan incelemeler fraktografik incelemelerin yanı sıra sırasıyla görsel, metalografi, mikroskobik, makroskopik, kimyasal analiz, sertlik ve SEM incelemelerinden oluşmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde strese bağlı yorulmadan kaynaklı kırılmanın meydana geldiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hasar Analizi, Metalik Biyomalzemeler, Ortopedik Plak, Titanyum Alaşımı

Giriş

Vücut içerisinde kullanılan implant malzemelerinin büyük bir çoğunluğu implant malzemesinin kullanılacağı yere göre basma-çekme dayanımı, sertlik, aşınma performansı, korozyon direnci, biyouyumluluk, hafiflik, süngerimsi veya kompakt (sıkı) kemik yapıları göz önüne alınarak imal edilmektedirler. Biyomalzemelerin, mekanik dayanımının güçlü, yüksek biyouyumluluğa sahip, korozyon direnci yüksek ve vücutta fazladan reaksiyonlara sebep olmayan özelliklerde olması gerekmektedir. Kullanılmakta olan biyouyumluluğu yüksek sentetik biyomalzemeler; metalik, seramik, polimer ve kompozitlerdir. Yük taşıyıcı olarak en yaygın kullanılan metalik malzemeler; paslanmaz çelikler, kobalt-krom-molibden (Co-Cr-Mo) alaşımları ile titanyum (Ti) ve titanyum alaşımlarıdır (Park & Lakes, 2007). Paslanmaz çelik ile başlayan daha sonra bazı biyouyumsuzluk ve implantasyon problemlerinden dolayı malzeme ve imalat teknolojilerinin geliştirilmesi sayesinde titanyum (Ti) alaşımlarının biyomalzeme olarak kullanılması ile devam eden bu süreçte, titanyum ve titanyum alaşımları medikal ve tıp dünyasında oldukça önemli bir yere sahiptir. Titanyum ve alaşımlarının içerisinde en çok kullanım alanına sahip Ti6Al4V

alaşımı, yüksek mekanik dayanım özelliklerine sahip olması ve insan vücudu yapısı ile uyumlu olması sebebi ile diğer metalik malzemelere karşı üstünlük göstermekte olup biyomalzeme olarak en çok kullanılan metalik malzemedir.

Vücut içerisinde biyomalzeme olarak birçok implant malzemesi kullanmaktadır. Bu implant malzemelerinden biri olan kemik plakları, ortopedik cerrahide kemik kırığının tedavisi için kullanılan cerrahi aparatlardır. Kemik plakları, kırık uçları uç uca getirilmiş kemiğin üzerine kemik ekseni boyunca yerleştirilerek vidalarla kemiğe tespit edilir. Böylece kemik ve kemik parçalarının kararlılığı sağlanmış olur. Tedavi sonrası plaklar duruma göre çıkarılır veya bırakılır. Plaklar, kırık yönetiminde bir takım avantajlar sunmasına rağmen, başarılı bir şekilde kullanılabilmesi için dikkatli preoperatif (ameliyat öncesi) planlama, biyomekanik prensipler ve uygun cerrahi tekniği ile birlikte uygun aparat ve vidaların kullanılması gerekmektedir. İnsan vücudunda kullanılan metalik malzemelerin tedavi amaçlı kullanımı sürecinde malzemeler vücut içi tepkiler ile karşılaşır. Vücutta olumsuz durumlara neden olabilecek bu tepkilerin yarattığı etkiler sonucunda implantların hasara uğramaları muhtemeldir. Bu etkiler malzemenin aşınma, yorulma ve dayanım gibi mekanik özelliklerini zayıflatarak malzemeyi hasara uğratırlar. Bu hasar etkenlerine ilave olarak tasarım, imalat yöntemi ve hastanın yanlış kullanımı gibi birçok sebepte eşlik edebilir. Bu etkenler hastanın durumu, cerrahi teknik ve implant malzemesini göz önüne alarak kapsamlı bir araştırma ile hasarlı implant incelenerek tespit edilebilir.

Titanyum Bazlı Alaşımlar

Medikal alandaki implantlar, çoğunlukla yaygın olarak kullanılan malzemeler olan titanyum ve alaşımlarıdır (Eliaz, 2019). Biyomedikal uygulamalarda titanyum ve Ti6Al4V alaşımı, Tablo 1'de görüldüğü gibi insan kemiğinin mekanik özelliklerine en yakın malzeme olmasından dolayı yüksek oranda kullanılmaktadır (Ratner, Hoffman, Schoen, & Lemons, 2004). Ti6Al4V alaşımının bu oranda tercih edilmesi, Tablo 2'de verilen mekanik dayanıklılıkları ile yüksek korozyon direnci, düşük yoğunluk, yüksek dayanım ve düşük elastisite gibi mekanik özelliklerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Gümüşderelioğlu, 2002).

Tablo 1. İnsan kemiğinin mekanik özellikleri (Ratner et al., 2004)

	Çekme mukavemeti (MPA)	Kopma anındaki uzaması (%)	Elastik Modül (GPA)	Vickers sertlik değeri (VSD)
İnsan kemiği	137,3	1,49	30	26,3

Tablo 2. Ti6Al4V alaşımı mekanik özellikleri (Ratner et al., 2004)

	Elastik Modül (GPA)	Akma Mukavemeti (MPa)	Yorulma Mukavemeti (MPa)	Kopma Anında Uzama(%)
Ti-6Al-4V	116	897-1034	620-689	8

Malzemelerin bu mekanik özelliklerini belirlemek ve başka malzemelerle karşılaştırmak için birçok analiz testlerine tabi tutularak, kullanım alanları belirlenmiş olur. Bunlar; basma-çekme testleri, sertlik ölçüm analizi, mikroyapı analizi, spektrometre ile kimyasal içerik analizi gibi testlerdir. En çok kullanılan metalik malzemelerden ticari saflıktaki titanyum (CPTi) ve titanyum alaşımının (Ti6Al4V) ASTM (Amerika Test Materyalleri Topluluğu) standardı F67/F136'ya göre olması gereken kimyasal içerik yüzdeleri Tablo 3'de verilmektedir (Azevedo, 2003).

Tablo 3. Ticari saflıktaki titanyum ve alaşımının kimyasal bileşimi (Azevedo, 2003)

Materyal (%)	CP Ti ASTM F67	Ti6Al4V ASTM F136
Ti	98,4-99,6	88,3-90,8
Al	-	5,5-6,75
C	max. 0,1	max. 0,08
H	max. 0,015	max. 0,0125
N	max. 0,05	max. 0,05
V	-	3,5-4,5
Fe	max. 0,5	max. 0,25
O	max. 0,4	max. 0,13

Titanyum alaşımlarının biyouyumlulukları ve korozyona karşı direnç özelliklerinin güçlü olduğu bilinmektedir. Yüksek korozyon direnci göstermekte olan titanyum alaşımları, korozif ortamlara dayanıklı olmasından dolayı, hücre ve dokular üzerinde olumsuz bir etkiye sebep olmamaktadırlar. Titanyum bazlı alaşımlarının, malzemede oksitlenmenin ilerlemesini ve istenmeyen kimyasal reaksiyonlara karşı katı bir oksit tabakası oluşturması, titanyum malzemenin korozyona karşı direncinin yüksek olmasını sağlamaktadır (Güven, 2010).

Ortopedik İmplantlarda Hasar Analizi

Çeşitli mühendislik yapılarını oluşturan sistemlerin, elemanların ve parçaların çalışma sürelerince, fonksiyonlarını yitirerek iş görmez ve kullanılamaz hale gelmeleri, beklenen performansı sergileyememeleri veya kullanılmaya devam edilmelerinin tehlikeli durum oluşturması "Hasar" olarak tanımlanır. Hasar nedenlerini ortaya çıkarmak amacıyla yapılan bilimsel inceleme ve araştırmalar ise "Hasar Analizi" olarak nitelendirilir.

Ortopedik plakların çoğu metal alaşımlarından üretilen biyomalzemeler olup, vücut içerisinde korozyon, yorulma, aşınma ve kırılma gibi nedenlerle hasara uğrarlar. Ortopedik implantın hasara uğraması sonucu, işlevlerini yerine getiremez duruma gelirler ve hasta vücudundan çıkarılmaları gerekmektedir.

Bu durum hastanın tekrar eden cerrahi operasyona maruz kalarak, sonrasında ağır travmalar geçirmesine sebebiyet vererek hasta hayatını zorlaştırmaktır. Bu nedenle hasara uğramış ortopedik plakların, hasar nedenlerinin ortaya çıkarılması yönünde yapılan araştırmalar büyük önem taşımaktadır.

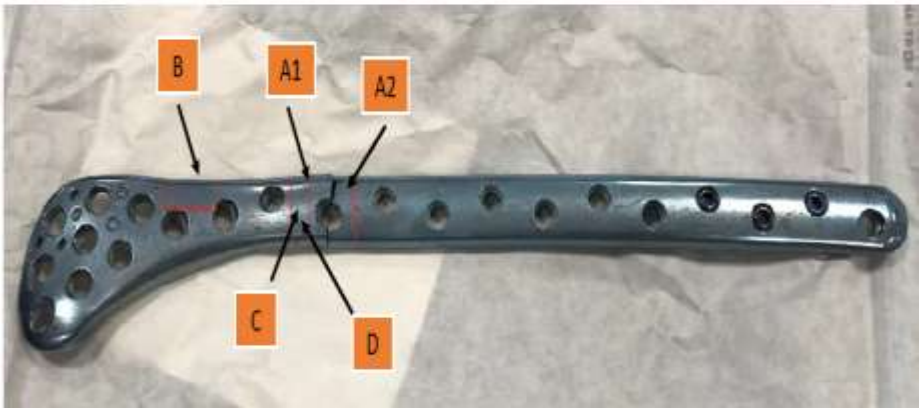
Ortopedi cerrahide kırık tedavileri için kemik üzerine gelecek şekilde vücut içi plak kullanılmaktadır. Ancak hem vücut içerisinde olması hem de maruz kaldığı yükleme durumlarından dolayı bu ortopedik plaklar, kullanım esnasında hasara uğrayabilmektedir. Ortopedik implant hasarı, implantın işlevini yerine getirememesi, kırılması ya da parçalanması anlamına gelmektedir.

Ortopedik implantların hasara uğramasının birçok nedeni ardır. Bunlar; malzeme seçimi, mekanik dizayn, üretim yöntemleri, hastanın yanlış kullanımı, ameliyat öncesi komplikasyonlar, korozyon, aşınma, yorulma gibi sebeplerden dolayı implantlar hasara uğramaktadırlar (Azevedo & Hippert Jr, 2002).

Ortopedik implantlarda meydana gelen kırılmanın nedenlerini ortaya çıkarmak için yapılan hasar analiz tespitlerinin en önemli parçası fraktografidir (Parrington, 2002). Fraktografi kırılmanın sebebinin belirlenmesi için yapılan standart inceleme tekniğidir. Genelde taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile analizleri kapsayan fraktografi, kırılma yüzeylerinde yapılan ve kırılma nedenleri tespit çalışmalarını kapsamaktadır. Bu çalışmaya ek olarak malzemenin karakterizasyonu için yapılması gereken analizlerden olan; metalografik, sertlik testi, kimyasal içerik ve mikroyapı analizleri yapılarak, daha detaylı bulgular elde edilebilir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada Ankara Numune E.A.H Ortopedi ve Travmatoloji A.B.D. bölümünden, 92 yaşında kilosu bilinmeyen basit düşme hastaneye gelen hastadan hasarlı olarak çıkarılmış distal femur ortopedik plağı temin edilmiş, kırık bölge çerçevesinde hasar mekanizmalarını ortaya çıkararak, anatomik bölgeye uygun tasarım ve dayanıklılık için üreticileri bilgilendirmek amaçlanmıştır. Hasara uğramış olan distal femur ortopedik plağı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Hasarlı distal femur ortopedik plak

Hasarlı ortopedik plağın hasar analizi yapılırken Şekil 1'de görülen plağın üzerinde gösterilen bölümlerden alınan parçalar üzerinden gerekli incelemeler yapılmıştır. Bu incelemeler, A1 ve A2 bölgesinde SEM-fraktografi, B bölgesinde kimyasal analiz, C ve D bölgesi aynı olup sertlik testi ve materyal karakterizasyonu analizlerini kapsamaktadır.

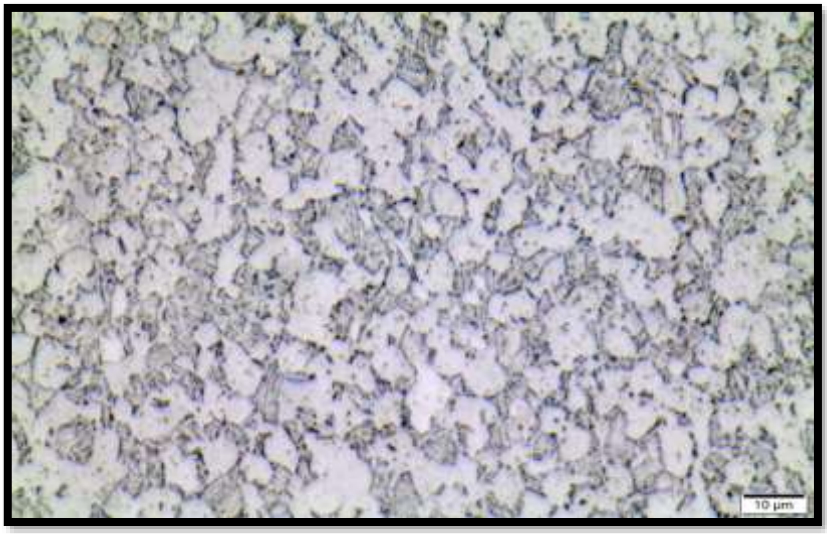
Materyal karakterizasyonu bir malzemenin mikroyapı analizidir. Bir malzemenin içyapısı, malzemenin tane boyutu, tane sınırları, faz yapısı gibi özellikleri hakkında bilgiler elde etmemizi sağlamakta ve mikroyapısını oluşturmaktadır. Malzemelerin mikroyapı analizinden önce ortopedik implantların numune hazırlık süreci vardır. Bunlar standart metalografik numune hazırlama tekniklerdir. Metalografik numune hazırlama teknikleri kesme, kalıplama, zımparalama, parlatma ve dağlama aşamalarından oluşmaktadır.

Hasarlı ortopedik implantın C bölgesinden alınan parça, metalografik numune hazırlama işlemlerinden geçirilerek optik mikroskop yardımıyla malzemenin mikroyapısı elde edilmiştir. B bölgesinden alınan parçanın metalografik olarak yüzeyinin düz ve temiz olması sağlandıktan sonra numunenin kimyasal analizi için optik emisyon spektrometresi kullanılmıştır. D bölgesinden sertlik testi için alınan parça metalografik incelemelerden geçirilerek numunenin düz ve parlak olması sağlanmıştır. Vickers (vikers) uçlu mikro-sertlik ölçme yöntemi kullanılarak, 10 sn boyunca numune üzerine 10 kgf yük uygulanmıştır. Numune üzerinde altı farklı bölgeden sertlik değerleri ölçülerek ortalama sertlik değeri elde edilmiştir. A1 ve A2 bölgesinden alınan parça ultrasonik bir temizleme işleminden geçirilerek SEM-fraktografik analiz ile kırık bölgelerin SEM (Taramalı elektron mikroskobu) görüntüleri elde edilmiştir.

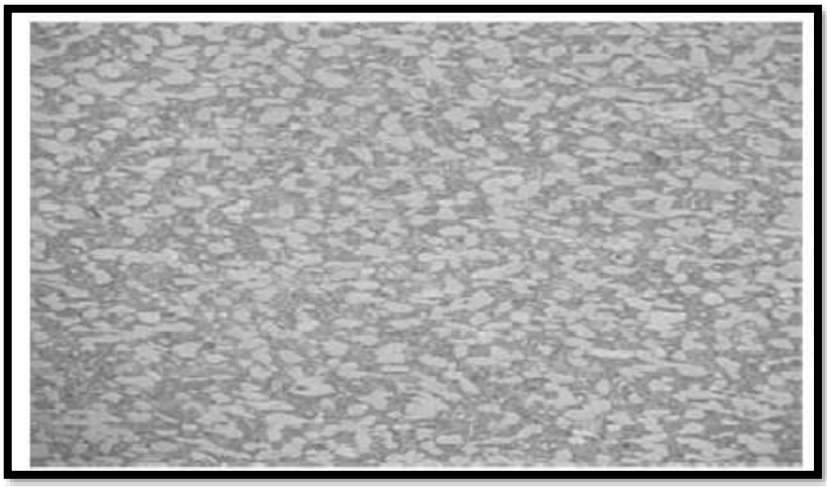
Değerlendirme ve Sonuç

Materyal karakterizyonu incelemesi sonucu elde edilen malzemenin mikroyapı görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir. İncelenen malzemenin literatürde geçen ASTM F136 standartlarına göre Şekil 3'de gösterilen α-β fazlı olan

Ti6Al4V alaşımının mikroyapısı ile karşılaştırıldığından benzer yapılar olduğu görülmüştür (Gammon et al., 2004).



Şekil 2. Malzeme mikroyapı görüntüsü



Şekil 3. Ti6Al4V alaşımı mikroyapı görüntüsü (Gammon et al., 2004)

Optik emisyon spektrometresinde incelenen numunenin kimyasal analiz sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. İncelenen malzemenin kimyasal analiz sonuçları, Tablo 3'de verilmiş, literatürde geçen ASTM F136 standartlarına göre belirlemiş Ti6Al4V alaşımı kimyasal içeriği ile karşılaştırıldığında, malzemenin Ti6Al4V alaşımının kimyasal içerik oranlarına uygunluğu tespit edilmiştir (Azevedo, 2003).

Tablo 4. Malzeme kimyasal içeriği

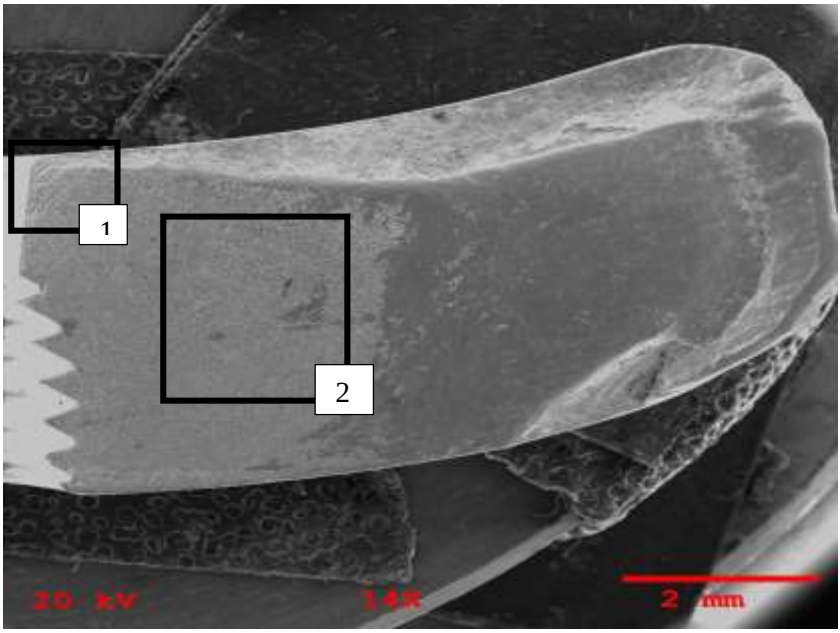
Element	Ortalama (%)
Ti	90,0
Si	0,0252
Mn	<0,0100
Cr	<0,0100
Mo	<0,0100
Al	5,86
Cu	<0,0100
Fe	0,0120
V	3,89
Zr	<0,0100
Sn	<0,0500
Nb	0,0332

Vickers uçlu mikro-sertlik ölçümü yöntemiyle, numunenin 6 farklı bölgesinden elde edilen sertlik ölçüm sonuçlarının ortalaması alınarak elde edilen vickers sertlik değeri (VSD) 294,15 HV (Hardness Vickers)'dir. Literatürde geçen, metalik malzemelerin sahip olduğu standart sertlik değerleri Tablo 5'de gösterilmiştir (Milošev, 2010). Sonuçlar karşılaştırıldığında implant malzememizin, Ti6Al4V alaşımlı malzeme sertliğine uygun olduğu görülmüştür.

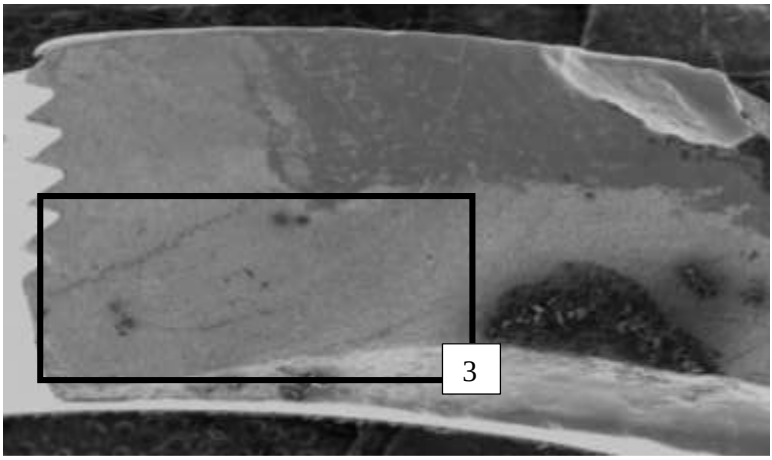
Tablo 5. Metalik malzemelerin sertlik değerleri (Milošev, 2010)

Metalik Malzemeler	HV
316L Paslanmaz Çelik	130-180
Co-Cr Alaşımları	300-400
CP-Ti	120-300
Ti-6Al-4V	250-500

Hasarlı ortopedik implantın, kırık yüzey analizi için yapılan SEM-fraktografi inceleme sonucu SEM analiz görüntüleri Şekil 4 ve 5'de verilmiştir.

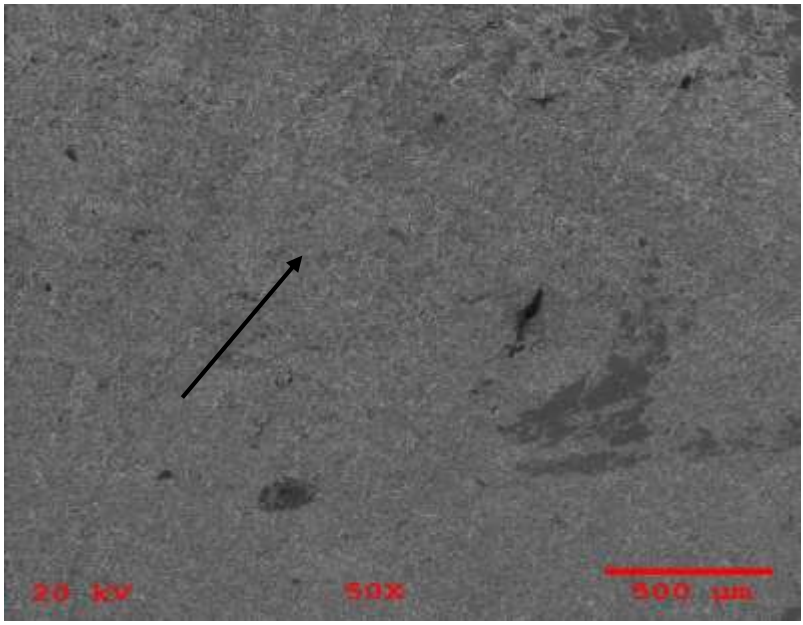


Şekil 4. Ortopedik implant kırık yüzey SEM görüntüsü



Şekil 5. Ortopedik implant kırık yüzey SEM görüntüsü

Ortopedik plağın kırık yüzeyleri incelendiğinde, Şekil 4'de ortopedik plağın vida deliği kenarı olan 1 nolu bölgeden çatlak başlangıcı oluşmuş ve 2 nolu bölgeye çatlak yayılmış olduğu görülmüştür. Çatlak yayılmasının sebebiyet verdiği yorulma çizgileri, 2 nolu bölgenin büyültülmüş hali Şekil 6'da daha net görülmüştür.



Şekil 6. Kırık yüzey yorgunluk çizgileri

Şekil 5'de gösterilen kırık yüzey incelendiğinde, çerçeve içine alınan bölgede yine yorulma çizgilerine rastlanmıştır.

Hasarlı distal femur ortopedik implantın hasar analizini yapmak için kullandığımız analiz yöntemleri, mikroyapı analiz, kimyasal analiz, sertlik testi ölçüm analiz sonuçları göre, implantın standart bir Ti6Al4V alaşımı malzemesi olduğu ve kırılmanın malzemeden kaynaklı bir hasarın neden olmadığı sonucuna varılmıştır. Kırılma yüzeylerinde yapılan SEM-fraktografik inceleme sonuçlarına göre, yorulmadan kaynaklı kırılma hasarının meydana geldiği belirlenmiştir. 92 yaşında ve kilosu belli olmayan fakat röntgen görüntülerine bakıldığında oldukça kilolu olduğu düşünülen hastada implant, fazla gerilimden dolayı aşırı yükü karşılayamayıp implant yetersizliğinden dolayı yorulmadan kaynaklı kırılma oluşarak, ortopedik plak hasara uğramıştır.

Sonuca göre hastada tekrar implant kırılma hasarı olmaması için hastanın koşullarına göre daha dikkatli implant tasarımı yapılarak tasarımsal değişikliğe gidilebilir ve revizyon ameliyatında tasarımı daha farklı ortopedik plak tavsiye edilebilir.

Kaynaklar

Azevedo, C. (2003). Failure analysis of a commercially pure titanium plate for osteosynthesis. *Engineering Failure Analysis, 10*(2), 153-164.

Azevedo, C., & Hippert Jr, E. (2002). Failure analysis of surgical implants in Brazil. *Engineering Failure Analysis, 9*(6), 621-633.

Eliaz, N. (2019). Corrosion of metallic biomaterials: A review. *Materials, 12*(3), 407.

Gammon, L. M., Briggs, R. D., Packard, J. M., Batson, K. W., Boyer, R., & Domby, C. W. (2004). Metallography and microstructures of titanium and its alloys. *ASM handbook, 9*, 899-917.

Gümüşderelioğlu, M. (2002). Tıbbın geleceği biyomalzemeler. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 2-4.

Güven, S. (2010). *Ortopedik malzemelerin biyouyumlulukları ve mekanik özelliklerine göre seçimi.* Paper presented at the 2nd National Design and Manufacturing Congress, Balıkesir.

Milošev, I. (2010). Metallic materials for biomedical applications: Laboratory and clinical studies. *Pure and Applied Chemistry, 83*(2), 309-324. doi:10.1351/pac-con-10-07-09

Park, J., & Lakes, R. S. (2007). *Biomaterials: an introduction*: Springer Science & Business Media.

Parrington, R. J. (2002). Fractography of metals and plastics. *Practical Failure Analysis, 2*(5), 16-19.

Ratner, B. D., Hoffman, A. S., Schoen, F. J., & Lemons, J. E. (2004). *Biomaterials science: an introduction to materials in medicine*: Elsevier.

ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP) YAKLAŞIMI İLE İŞ GÜVENLİĞİ VE İŞÇİ SAĞLIĞI UZMANI SEÇİMİ

LATİF ONUR UĞUR, MELİKE EROĞLU

ÖZET

İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı, bütün çalışma platformlarında önemli olduğu gibi inşaat sektöründe de oldukça önemlidir. İş Sağliği ve Güvenliği Kanunu'na göre İş Güvenliği Uzmanı: Usul ve esasları yönetmelikle belirlenen, iş sağlığı ve güvenliği alanında görev yapmak üzere Bakanlıkça yetkilendirilmiş, iş güvenliği uzmanlığı belgesine sahip, Bakanlık ve ilgili kuruluşlarında çalışma hayatını denetleyen müfettişler ile mühendislik veya mimarlık eğitimi veren fakültelerin mezunları ile teknik elemanı olarak tanımlanmaktadır. İnşaat Firmaları işe başlamadan İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı elemanları ile anlaşıp bünyelerinde çalıştırmak üzere gerekli işlemleri yapmak zorundadırlar. Böyle bir noktada çalışılacak uzman kişilerin seçimi büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada Düzce ilinde konut ve alışveriş yapılarının bulunduğu bir projenin inşaatı için bir İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı uzmanı seçimi amaçlanmıştır. Beş farklı adayın beş ana kriter üzerinden değerlendirildiği bu seçim, bir Çok Kriterli Karar Verme problemi mahiyetindedir. Bu problemin çözümünde, karmaşık olan problemleri daha az karmaşık hale getirerek doğru çözüme ulaştırmayı amaçladığından dolayı Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda yapılan sıralama ve seçimin benzer problemlerin çözümünde uygulanabileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Analitik Hiyerarşi Prosesi, İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı Güvenliği Elemanı, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)

I. GİRİŞ

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde nüfusun büyük bir bölümünü çalışanlar oluşturmaktadır. Gittikçe artan teknoloji ve sanayileşmeyle birlikte işyerlerindeki çalışma koşulları kötüye gitmeye başlamıştır. Bu durum iş sağlığını ve güvenliğini dolayısıyla insan sağlığını kötü etkilemiştir. Kötü çalışma koşullarına bağlı olarak artan iş kazaları sonucunda sanayileşmiş ülkeler iş sağlığı ve işçi güvenliği konusunda iyileştirmeye gitmişlerdir. Bu çalışmaların yanında denetleme konusunda da çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir.

İş sağlığı ve işçi güvenliği; dar kapsamda iş kazaları ve meslek hastalıklarını önleme amacı olan, geniş kapsamda ise çalışanların sağlığını koruma amaçlı olup çalışma yerlerinin güvenli bir ortama dönüştürülmesini sağlar. Çalışanların sağlıkları ve yaptıkları işler arasındaki bağıntılar iş güvenliği ve işçi sağlığı ifadesinin temelini oluşturmaktadır.

İş güvenliği ve işçi sağlığı uzmanı; iş sağlığı ve güvenliği konularında görev yapmak üzere bakanlık tarafından yetkilendirilmiş iş güvenliği uzmanlığı belgesine sahip mühendis, mimar veya teknik elemanına verilen unvandır.

İş güvenliği ve işçi sağlığı uzmanı, çalışma ortamında, Mesleki risklerin önlenmesi, eğitim ve bilgi verilmesi dâhil her türlü tedbirin alınması, organizasyonun yapılması, gerekli araç ve gereçlerin sağlanması, sağlık ve güvenlik tedbirlerinin değişen şartlara uygun hale getirilmesi ve mevcut durumun iyileştirilmesi için çalışmalar yapar. (İş sağlığı ve güvenliği kanunu; ikinci bölüm, madde dört). İş yerinde alınan tedbirlerin denetlenmesini ve kontrolünü sağlar, bu nedenle iş sağlığı ve iş güvenliği uzmanı seçimi büyük önem arz etmektedir. Böyle zorlu seçimlerde çok kriterli seçim yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesini(AHP) kullanmak avantajlı olmaktadır. Çünkü Analitik Hiyerarşi Prosesinden alınan sonuçlar sistematik ve tutarlı olmaktadır.

II. AHP YÖNTEMİ

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), sonucu birçok şeyi etkileyecek olan önemli karar verme süreçlerinde karar verecek olan uzman kişiye sistematik yolu gösteren bir karar verme yöntemidir. 1970'li yıllarda Thomas L. Saaty bu yöntemi geliştirmiştir. Saaty sayısal bir yaklaşımla matrisleri kullanarak çözüme ulaşmaya çalışmıştır. Alternatifler arasından en iyi olanını seçebilmek için geliştirilmiş olan bu yöntem hiyerarşik bir düzen oluşturmaktadır. Bu hiyerarşik düzen karmaşık olan problemleri daha az karmaşık hale getirerek doğru çözüme ulaşmayı amaçlamaktadır. Hiyerarşik sistemde kriterler ve bu kriterlerin alt kriterleri mevcuttur. Karar verme aşamasında etkili olacak olan kriterler birbirleri ile ikili karşılaştırmaya tabi tutulur. İkili karşılaştırmalarda kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri belirlenir (Bkz. Tablo 1.). [1]

Tablo 1. İkili karşılaştırmalarda kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri

Önem Derecesi	**Tanım**	**Açıklama**
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faktör aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve yargılara göre bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir.

5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerinden kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre yüksek derecede kuvvetle daha önemlidir.
9	Mutlak Derecede Önemli	Faktörlerden biri diğerine göre çok yüksek derecede önemlidir.
2-4-6-8	Ara Değerleri Temsil Etmektedir	İki faktör arasındaki tercihte yukarıdaki açıklamalarda bulunan derecelerin ara değerleridir.

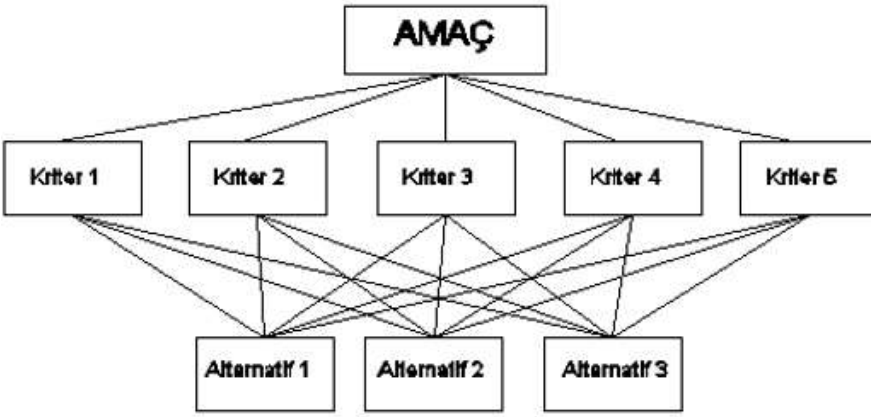
Hiyerarşik yapının oluşturulması için önce problemin belirlenmesi gerekir. Çünkü hiyerarşinin en üstünde karar problemi yer alacaktır. Daha sonra karar problemine bağlı kriterler ve bu kriterlerin alt kriterleri belirlenmelidir. Kriterler hiyerarşinin ikinci katmanını oluşturacaktır. Kriterler belirlenirken tecrübelerden, daha önce yapılmış olan çalışmalardan, uzman kişilerden yardım alınarak belirlenebilir. Üçünü katmanı ise alternatifler oluşturacaktır. Alternatiflerin her birisi bütün kriterlerden etkilenmektedir. İkili karşılaştırmalar sonucunda her bir alternatif için birer matris ve kriterler için de bir matris oluşturulur. Bu matrislerin tutarlılık kontrol edilir. Daha sonra matris cebiri yardımı ile her bir alternatif için ortalama bir puan elde edilir. En yüksek puanı alan alternatif en uygun alternatif olarak seçilmiş olur.[2] ,

1.Amaç

2.Kriterler

3.Alternatifler, olacak şekilde üç katman halinde tanımlar.

Şekil 1. Örnek hiyerarşi modelini göstermektedir;



Şekil 1. Örnek hiyerarşi modeli

2.1 AHP Yönteminin Uygulama Aşamaları

1.Aşama: Karar probleminin belirlenmesi

Bu aşamada çözüme kavuşturulacak problem belirlenir.

2.Aşama: Kriterler arasında ikili karşılaştırma için matris oluşturma

Karşılaştırma matrisi, kriterlerin kendileri dahil hepsinin bir diğeri ile ikili olarak karşılaştırılması esasına dayanır. Matriste kriterlerin kendileri ile karşılaştırılması durumuna '1' sayısal değeri verilir. Çünkü Tablo 1'de de gösterildiği gibi kriterler aynı olduğu için eşit derecede önemli olmaktadırlar ve '1' sayısal değeri ile ifade edilirler. Matris, nxn boyutlu kare matristir. Karşılaştırmanın matriste ifade edilebilmesi için tüm kriterler satır ve sütunlarda yer almaktadır. Diğer karşılaştırmalarda Saaty'in önem derecesi tablosu esas alınarak sayısal değerler matrise işlenir. Örnek ile açıklanacak olunursa; İkinci kriter ile dördüncü kriterin karşılaştırılması yapılsın. Bu iki kriterden ikincisi dördüncüsünden kuvvetle daha önemlidir olsun. Yani tablodan baktığımızda '3' sayısal değerine karşılık gelmektedir. O zaman matriste a_{24} elemanına '3' sayısal değeri yazılır, a_{42}elemanına ise '1/3' (0,34) sayısal değeri yazılır. Matrisin tüm elemanları bu şekilde belirlenir.[3]

Karşılaştırma matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

3.Aşama: Kriterlerin yüzde önem değerleri belirlenir.

Kriterlerin yüzde önem değerleri belirlenirken karşılaştırma matrisi kullanılır. İlk önce n adet nx1 boyutunda bir B sütun vektörü oluşturulur. Aşağıda bu sütun vektörü verilmiştir.

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ . \\ . \\ . \\ b_{n1} \end{bmatrix}$$

B sütun vektörünün elamanları şu şekilde hesaplanır; Her bir elaman, karşılaştırma matrisinde yer alan elamanın, yer aldığı sütundaki elemanların toplamına bölünmesi ile elde edilir. Aşağıda formül ile gösterilmiştir;

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \qquad (1)$$

Örnek A matrisi aşağıdaki gibi olsun;

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/4 & 3 \\ 4 & 1 & 5 \\ 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$$

Örnek B sütun vektörü aşağıdaki gibidir;

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0{,}188 \\ 0{,}750 \\ 0{,}062 \end{bmatrix}$$

Diğer B sütun vektörleri de aynı işlemler yapılarak elde edildikten sonra bu sütun vektörleri birleştirilerek C matrisi elde edilir.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

Örnek C matrisi aşağıdaki gibidir;

$$C = \begin{bmatrix} 0{,}188 & 0{,}172 & 0{,}334 \\ 0{,}750 & 0{,}690 & 0{,}556 \\ 0{,}062 & 0{,}138 & 0{,}110 \end{bmatrix}$$

C matrisi ile kriterlerin birbirlerine göre yüzde önem dağılımları hesaplanır. Bunun için öncelik vektörü olan W sütun vektörü gereklidir. Sütun vektörünün elamanları aşağıdaki formül ile hesaplanır;

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} c_{ij}}{n} \qquad (2)$$

W sütun vektörü aşağıda gösterilmiştir;

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix}$$

Yukardaki örnek önceklik vektörü olan W için uygulandığında;

$$W = \begin{bmatrix} \dfrac{0{,}188 + 0{,}172 + 0{,}334}{3} \\ \dfrac{0{,}750 + 0{,}690 + 0{,}556}{3} \\ \dfrac{0{,}062 + 0{,}138 + 0{,}110}{3} \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 0{,}23 \\ 0{,}67 \\ 0{,}10 \end{bmatrix}$$

Bu durumda birinci kriter %23, ikinci kriter %67, üçüncü kriter ise %10 öneme sahiptir. [1]

4.Aşama: Kriterlerin karşılaştırılmasındaki tutarlılık ölçülür.

Bir önceki aşamada hesaplanan kriterlerin yüzde önem dağılımlarının tutarlılığının kontrol edildiği aşamadır. Bu kontrol tutarlılık oranı (CR) ile yapılır. CR'nin hesaplanabilmesi için ilk önce Temel Değer adı verilen λ'nın hesaplanması gerekir. Temel değerin hesaplanabilmesi için de karşılaştırma matrisi olan A ile öncelik vektörü olan W'nin çarpımından elde edilen D sütun vektörünün hesaplanması gerekir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix}$$

Daha sonra D sütun vektörünün elemanlarının öncelik vektörünün elemanlarına bölünmesi ile elde edilen E sütun vektörü bulunur.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \qquad (3)$$

E sütun vektörünün elemanlarının aritmetik ortalaması λ'yı verir.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{n} \qquad (4)$$

Tutarlılık göstergesi (CI) aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\mathrm{CI} = \frac{\lambda\text{-n}}{\text{n-1}} \qquad (5)$$

N	RI	N	RI
1	0	6	1.25
2	0	7	1.35
3	0.52	8	1.40
4	0.89	9	1.45
5	1.11	10	1.49

Tablo 2.: RI Değerleri

Yukarıdaki tabloda verilmiş olan RI değerleri (Rastgele Değer İndeksi) ile CR (Tutarlılık Oranı) hesaplanır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (6)$$

CR'nin 0.10'dan küçük olması yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermektedir. [1]

5.Aşama: Her bir kriter için, m karar noktasındaki yüzde önem dağılımlarının hesaplanması

Bu aşamada alternatifler, her kriter için kendi aralarında karşılaştırılacaktır. Yani bu sefer n adet mxm boyutunda G matrisleri oluşturulacaktır. Daha sonra mx1 boyutlu S sütun vektörü elde edilecektir. S sütun vektörü her karşılaştırmadan sonra yüzde dağılımları gösterir. S sütun vektörü aşağıda gösterilmiştir. [1]

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ . \\ . \\ . \\ s_{m1} \end{bmatrix}$$

6. Aşama: Alternatiflerin sonuç dağılımlarının bulunması

N adet S sütun vektörünün bir araya gelmesi ile mxn boyutlu K matrisi oluşturulur. K matrisi ile öncelik vektörü olan W'nin çarpılması ile L sütun vektörü elde edilir. L sütun vektörü alternatiflerin yüzde önem dağılımlarını vermiş olur. En yüksek değerde olan alternatif seçilmesi gereken alternatif olur.[1]

$$L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ . \\ . \\ . \\ l_{m1} \end{bmatrix}$$

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) genel bir ölçüm teorisidir. Oran ölçeklerini hem kesikli hem de sürekli eşleştirilmiş karşılaştırmalardan elde etmek için kullanılır [4]. AHP karar verme ile ilgili hemen hemen tüm uygulamalarda kullanılan çok kriterli bir karar verme aracıdır [5]. AHP, karar verme problemlerinde yaygın bir uygulamadır ve birçok düzeydeki birden fazla kriter sistemine sahiptir [6]. AHP'nin tutarlılıktan, ölçümünden ve yapısının element grupları içindeki ve arasındaki bağımlılıktan ayrılma konusunda özel bir endişesi vardır. En geniş uygulamalarını çok kriterli karar vermede, planlamada, kaynak tahsisinde ve uyuşmazlıkların çözümünde bulmuştur [7-12].

İnşaat Yönetimi dalında pek çok uygulama alanı bulan bu yöntemin kullanıldığı bazı örnekler şöyledir; İnşaat projelerinin planlanması ve bütçelemesi sırasında Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanarak Güvenlik Risk Değerlendirmesi yapılabilir [13]. Analitik hiyerarşi süreci ile tüm inşaat maliyeti tahmin işlemlerinde deneyimin yer aldığı vaka tabanlı akıl yürütme modeli önerilmiştir [14]. En uygun proje teslim yöntemini seçmek için analitik hiyerarşi sürecini (AHP) kullanan bir model geliştirilmiştir [15]. Çeşitli proje teslim yöntemlerinin belirli işverenler ve projelerle olan uyumluluğunu incelenerek karar vericilere projeleri için uygun dağıtım yöntemini seçmelerinde yardımcı olmak için analitik

hiyerarşi sürecini kullanan çok kriterli bir karar verme yöntemi sağlanmıştır [16]. Analitik Hiyerarşi Süreci'ni proje yönetiminde kullanmak için potansiyel bir karar verme yöntemi sunulmuştur. Bunun için yüklenici ön yeterlilik sorunu örnek olarak kullanılmıştır [17]. Akıllı bina sistemlerinin seçiminde çok kriterli analizde Analitik Hiyerarşi Süreci uygulanmıştır [18]. Uluslararası projelerin risk ve fırsat değerlendirmesi için AHP esaslı bir metodoloji önerilmiştir [19]. İnşaat müşterilerinin tatmin edici sonuçlar elde etmek için en iyi potansiyele sahip müteahhitleri belirlemelerine yardımcı olacak AHP ile alternatif bir yüklenici seçim modeli incelenmiştir. Bu uygulamada sadece en düşük teklife dayalı olmayan müteahhit seçim süreci irdelenmiştir [20].

III. AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada Düzce ilinde konut ve alışveriş yapılarının bulunduğu bir projenin inşaatı için bir İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı uzmanı seçimi amaçlanmıştır. Beş farklı adayın beş ana kriter üzerinden değerlendirildiği bu seçim, bir Çok Kriterli Karar Verme problemi mahiyetindedir. Bu problemin çözümünde, karmaşık olan problemleri daha az karmaşık hale getirerek doğru çözüme ulaştırmayı amaçladığından dolayı Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda yapılan sıralama ve seçimin benzer problemlerin çözümünde uygulanabileceği anlaşılmıştır. Yöntemin uygulanabilmesi için uzman görüşleri alınarak ana ve alt kriterleri belirlenmiştir. Her bir alt kriterin diğer alt kriterlerle önem düzeyinin belirlenmesinde yine uzman görüşlerinden istifade edilmiştir. Hesaplamalarda Super Decisions paket programı kullanılmıştır edinilen sonuçlar değerlendirilip en uygun seçim yapılmıştır.

IV. BULGULAR

Daha önceki başlıklarda AHP yönteminin nasıl uygulandığı aşama aşama anlatılmıştır. Bu yöntemi kullanarak Düzce ilinde konut ve alışveriş yapılarının bulunduğu bir projenin inşaatı için bir İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı uzmanı seçmesi sağlanacaktır. Bunun için ilk olarak kriterler ve bu kriterlerin alt kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen kriterler ve alt kriterler;

1.Eğitim durumu

1.1.Mezun olduğu okul

1.2.Mezun olduğu bölüm

2.Mesleki yeterlilik

2.1.Mesleki sertifikalar

2.2.Uzmanlık derecesi

3.Bilgisayar programları bilgisi

3.1.MS Office ileri derecede bilmek/kullanabilmek

4.Kişisel özellikler

4.1.İletişim kabiliyeti

4.2.Takım ruhu

4.3. Yabancı dil bilgisi

4.4. Yaşadığı yer ve seyahat durumu

4.5.Çözüm odaklı olabilmesi

4.6.Risk yönetimi

4.7.Raporlama yapabilmesi

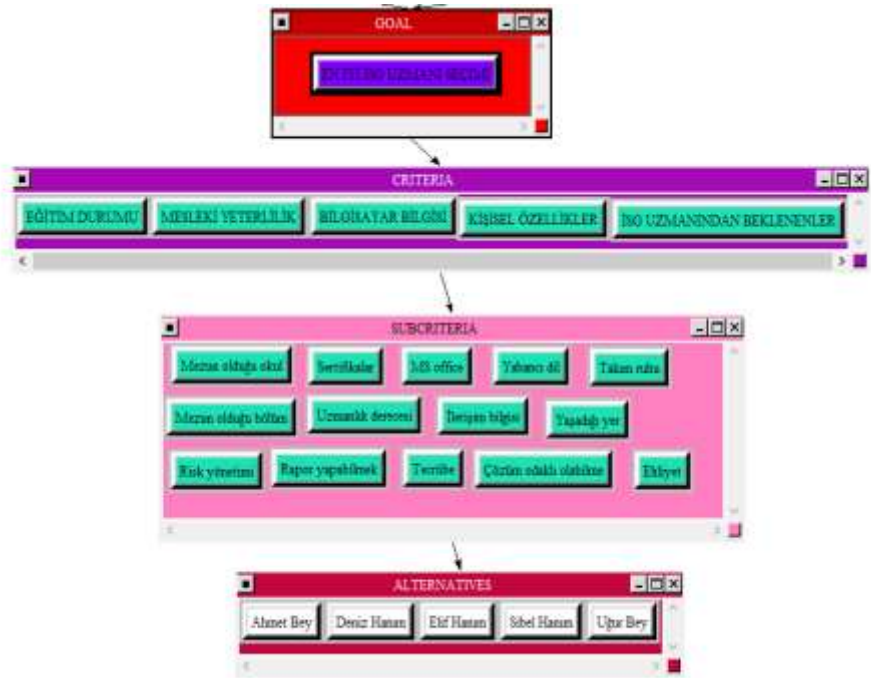
5.İSG uzmanından istenen koşullar

5.1.Sürücü Ehliyeti sahibi olmak

5.2.Tecrübe

Kriterler belirlendikten sonraki aşamalar Super Decisions adlı paket program yardımı ile çözümlenmiştir.

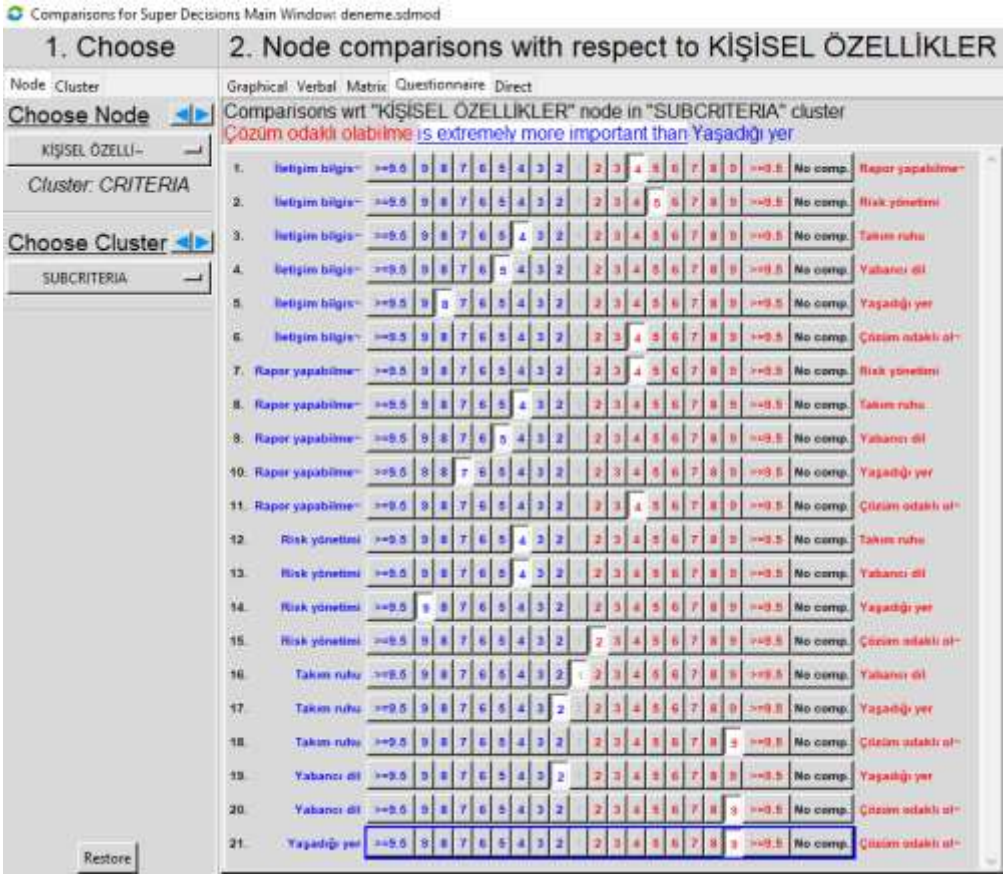
Hiyerarşi modeli Şekil 1.'deki gibi oluşturulmuştur;



Şekil 2. Hiyerarşi Modeli

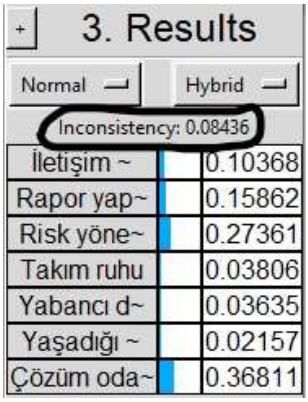
Hiyerarşi modelinde beş adet alternatif bulunmaktadır. Alternatifler; Ahmet Bey, Deniz Hanım, Elif Hanım, Sibel Hanım ve Uğur Bey'dir. Kriterlerin hepsi amaca yani probleme bağlıdır. Alt kriterler ise kriterlere bağlıdır, alternatiflerde alt kriterlere bağlı olacak şekilde aralarındaki bağlantıda programa işlenmiştir. Bir sonraki aşama olan alt kriterlerin kendi aralarında ikili karşılaştırmaları yapılıp önem derecelerinin belirlenmesidir.

Aşağıda programdan alınmış olan ekran görüntüsünde alt kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri gösterilmektedir (Bkz. Şekil 3.);



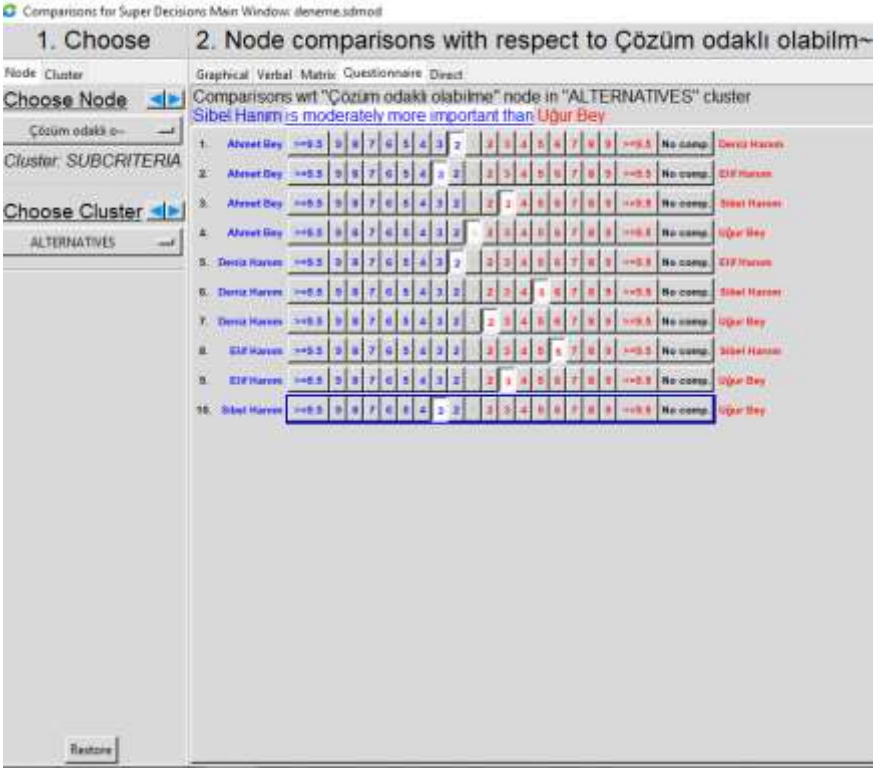
Şekil 3. Alt kriterlerin birbirine göre önem dereceleri

Yapılan puanlandırma sonucunda program tutarlılık oranını ve kriterlerin yüzde önem dağılımlarını hesaplamıştır. Aşağıdaki ekran görüntüsünde (Bkz. Şekil 4.) daire içine alınmış olarak gösterilen değer tutarlılık oranıdır ve 0.08436 olarak hesaplanmıştır. Yani 0.1 değerinden küçük olması, yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermektedir. Kriterlerin yüzde önem dağılımlarına bakıldığı zaman en yüksek dağılımı %11 ile hukuk bilgisidir onu %10 ile referanslar takip etmedir.



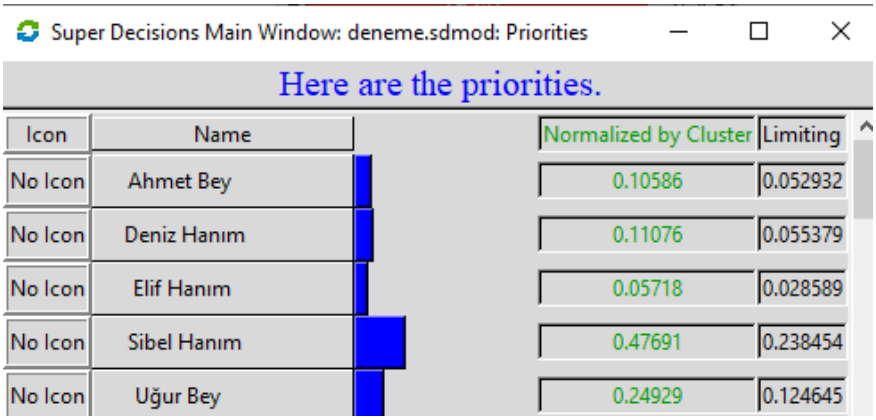
Şekil 4. Tutarlılık oranı ve kriterlerin yüzde önem dağılımları

Bir sonraki adımda alternatifler, her seçenek için kendi aralarında karşılaştırılmışlardır ve her bir seçenek için yüzde önem dağılımları hesaplanmıştır (Bkz. Şekil 5.).



Şekil 5. Her bir seçenek için yüzde önem dağılımları

Son aşamada alternatiflerin yüzde sonuç dağılımları programda hesaplanmıştır. Aşağıdaki ekran görüntüsünde değerler gözükmektedir (Bkz. Şekil 6.).



Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	Ahmet Bey	0.10586	0.052932
No Icon	Deniz Hanım	0.11076	0.055379
No Icon	Elif Hanım	0.05718	0.028589
No Icon	Sibel Hanım	0.47691	0.238454
No Icon	Uğur Bey	0.24929	0.124645

Şekil 6. Yüzde sonuç dağılımları

V. SONUÇ

Yapılan uygulamada AHP yöntemi kullanılarak adaylar sıralanmış ve iş güvenliği ve işçi sağlığı uzmanı seçilmiştir. Beş alternatiften Sibel Hanım %48 ile en yüksek sonuç dağılımına ulaşarak en iyi alternatif olarak seçilmiştir. Uğur Bey %25, Deniz Hanım %12, Ahmet Bey %11 ve Elif Hanım ise %6 yüzdelik dağılımları ile Sibel Hanımı takip etmiştir.

AHP yöntemi ve Super Decisions programı ile çözülmesi zor gözüken karmaşık bir problem, düzene sokularak daha az karmaşık hale getirilmiş ve daha hızlı bir şekilde çözüme ulaştırılmıştır.

Bu yöntemin iş güvenliği ve işçi sağlığı uzmanı seçiminde başarı ile kullanılabileceği anlaşılmıştır.

KAYNAKÇA

1. Bedir N., Eren T., AHP-PROMETHEE Yöntemleri Entegrasyonu ile Personel Seçim Problemi: Perakende Sektöründe Bir Uygulama, Social Sciences Research Journal, Volume 4, Issue 4, 46-58 (December 2015), ISSN: 2147-5237
2. Altun A., Demir Y., Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi İle Tarımsal Araştırma Projelerinin Değerlendirilmesi ve Seçimi, Toprak Su Dergisi, 2015,4 (2): (41-48)
3. Dündar S., Ders Seçiminde Analitik Hiyerarşi Proses Uygulaması, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Y.2008, C.13, S.2 s.217-226
4. R. W. Saaty, “The Analytic Hierarchy Process-What It is and How It is Used”, Mat/d Modelling, Vol. 9, No. 3-5, pp. 161-176, 1987

5. Omkarprasad S. Vaidya, Sushil Kumar, Analytic hierarchy process: An overview of applications, European Journal of Operational Research 169 (2006) 1–29
6. Fuh-Hwa Franklin Liu, Hui Lin Hai, The Voting Analytic Hierarchy Process Method For Selecting Supplier, Int. J. Production Economics 97 (2005) 308–317
7. T. L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York (1980).
8. T. L. Saaty and L. G. Vargas, The Logic of Priorities, Applications in Bu,sines.., energy, Health, Transportation. Kluwer-Nijhoff. The Hague (1981).
9. T. L. Saaty, Decision Making for Leaders, Wadsworth, Belmont, Calif. (1982).
10. T. L. Saaty and K. P. Kearns, Analytical Planning. Pergamon Press, Oxford (1985).
11. T. L. Saaty and J. Alexander, A New Logic for Conflict Resolution. In preparation.
12. T. L. Saaty, Absolute and relative measurement with the AHP. The most livable cities in the United States. Socio-econ. Plum Sci. 20(6), 3277331 (1986).
13. Saman Aminbakhsh, Murat Gunduz ∗, Rifat Sonmez, Journal of Safety Research 46 (2013) 99–105
14. Sung-Hoon A., Gwang-Hee K., Kyung-In K., A Case-Based Reasoning Cost Estimating Model Using Experience by Analytic Hierarchy Process, Building and Environment 42 (2007) 2573–2579
15. Al Khalil M. I., Selecting the appropriate project delivery method using AHP, International Journal of Project Management 20 (2002) 469–474
16. Mahdi I. M., Khaled K., Decision support system for selecting the proper project delivery method using analytical hierarchy process (AHP), International Journal of Project Management 23 (2005) 564–572
17. Kamal M., Harbi S., Application of the AHP in Project Management, International Journal of Project Management 19 (2001) 19-27
18. Wong J. K. W., Li H., Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) in Multi-Criteria Analysis of The Selection of Intelligent Building Systems, Building and Environment 43 (2008) 108–125
19. Dikmen I., Birgonul M. T., An Analytic Hierarchy Process Based Model For Risk And Opportunity Assessment Of International Construction Projects, Can. J. Civ. Eng. 33: 58–68 (2006)
20. Sik-Wah Fong P., Kit-Yung Choi S., Final Contractor Selection Using The Analytical Hierarchy Process, Construction Management and Economics (2000) 18, 547–557

BALIK ATIKSULARININ AKUAPONİK TEKNİĞİ İLE ARITILMASINDA BALIK VE BİTKİ BÜYÜMESİNİN İNCELENMESİ

Muhammet Yunus Pamukoğlu*
**Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye*
E-mail: yunuspamukoglu@sdu.edu.tr
Halit BAYRAK**
Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Enstitüsü, Isparta, Türkiye
Damla PALAZEKİN*
**Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye*

Özet: Su kirliliğinin sebeplerinden biri olarak sayılan su ürünleri yetiştiriciliği tesislerinin çıkış suları ülkemizdeki su kaynaklarını kirleten önemli bir unsurdur. Buna benzer şekilde tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübreler balık yetiştiriciliğinde olduğu gibi alıcı ortamlara azot ve fosfor yükleyerek benzer bir kirliliğe sebebiyet vermektedir. Bu araştırmada azot, fosfor, askıda katı madde ve organik madde açısından zengin olan ve alıcı ortamda çok ciddi çevresel problemler oluşturan balık atıksularının, doğal bir arıtım yöntemi olan akuaponik tekniği kullanılarak arıtılması incelenmiştir. Prototip olarak uygulanan sitem 4 ana bölümden oluşmaktadır. Birinci kısım balık yetiştirme tankı olup, başlangıç ağırlığı belirlenmiş olan Tilapia (*Oreochromis niloticus*) balığı sistemde yetiştirilmiştir. Balıklar günlük ağırlıklarının %4'ü oranında yem ile günde 2 sefer yemlenmiştir. Bu tanktan çıkan balık atıksuları cazibe ile ikinci ünite olan durultucu tankına iletilmiş ve katı partiküllerden arındırılmıştır. Daha sonra bu atıksu biyolojik arıtım ünitesine cazibe ile iletilmiştir. Bu aşamada nitrifikasyon bakterileri ile balık atık suyundan gelen NH_4, bitkilerin kullanabilecekleri bağlı N formuna (NO_3-N) dönüştürülmüştür. Daha sonra arıtılan bu atıksu bitki tankına cazibe ile iletilmiş ve marul bitkisinin büyümesi sağlanmıştır. Son olarak bitki tankından çıkan atıksu cazibe ile bir toplama tankına iletilmiş, buradan da bir pompa vasıtası ile balık tankına gönderilmiş ve balıkların büyümesi ile deneysel set tamamlanmıştır. Balık yetiştirme tankı, durultucu ünitesi, biyolojik arıtım ünitesi, bitki yetiştirme tankı giriş ve çıkış atıksularının sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, KOİ, toplam katı madde, nitrat ve nitrit azotu, toplam fosfor analizleri belirli periyotlarda ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda hem balık hem de marul verimli bir şekilde yetiştirilmiş ve oluşan atıksu çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Balık atıksuyu, akuaponik, marul, arıtım, çevre

INVESTIGATION OF FISH AND PLANT GROWTH IN THE TREATMENT OF FISH WASTEWATER BY AQUAPONIC TECHNIQUE

Abstract: The waters of the aquaculture plants, considered to be one of the causes of water pollution, are an important factor that pollutes the water resources of our country. Similarly, fertilizers used in agricultural activities cause similar pollution by loading nitrogen and phosphorus to the receiving environment as in fish farming. In this study, the treatment of fish wastewaters, which are rich in nitrogen, phosphorus, suspended solids and organic matter and which cause very serious environmental problems in the receiving environment, were investigated by using a natural treatment method, aquaponic technique. The system which is applied as a prototype consists of 4 main parts. The first part was the fish tank and the predominantly weighted Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish was grown in this unit. The fish were fed with 4% of their daily weight and 2 times a day. The fish wastewater from this tank was transferred to the decanter tank, which is the second unit with the gravity flow and purified from the solid particles. This wastewater was then transferred to the biological treatment unit with gravity flow. At this stage, nitrification bacteria were converted from NH_4 bound N form (NO_3-N) from fish wastewater which plants could use. Then the treated wastewater was transferred to the plant tank with the gravity flow and growth of the lettuce plant was ensured. Finally, the wastewater from the plant tank was transported to a collection tank with the gravity flow, from where it was sent to the fish tank via a pump and the experimental set was completed with the growth of the fish. Temperature, dissolved oxygen, pH, COD, total solids, nitrate and nitrite nitrogen, total phosphorus analyzes of fish rearing tank, decanter unit, biological treatment unit, plant growing tank inlet and outlet wastewater were measured and evaluated at certain periods. As a result of the study, both fish and lettuce were grown efficiently and the wastewater generated was disposed without harming the environment.

Keywords: Fish wastewater, aquaponic, lettuce, treatment, environment

Giriş

Dünyadaki hızlı nüfus artışı nedeniyle kullanılabilir su kaynaklarımız hızlı bir şekilde kirlenmektedir. Su kirliliğini oluşturan etmenlerden olan, son yıllarda ülkemizde ve dünyada hızlı bir şekilde gelişen su ürünleri yetiştiriciliği tesislerinin çıkış suyu olarak karşımıza çıkan su kaynaklarını oldukça kirleten önemli bir unsurdur. Bu durum ise su ürünleri sektöründe kullanılan suyun korunumu için önlemler alınmasına ihtiyaç duyulmasını beraberinde getirmiştir. Bunlarla birlikte tarımsal faaliyetlerde çok fazla miktarda kullanılan gübreler su ürünleri sektöründe kullanıldığı gibi alıcı ortamlarda azot ve fosfor artışlarına

sebep olup bir başka benzer kirlilik oluşturmaktadır (Datta, 2016, Datta ve ark., 2018).

Araştırmalara göre dünyadaki nüfusun yaklaşık 7,5 milyar olduğu bilinmektedir. 2050 yılında yaklaşık 9,7 milyar olacağı öngörülmektedir ve artan nüfusun gıda gereksiniminin giderilmesinde denizlerden ve tatlı sulardan elde edilen su ürünlerinin çok fazla etkisi olacağı düşünülmektedir. Bu etkilerin yanı sıra, canlıların yok olmasını sağlayacak olan su sorunudur (Selek, 2017).

Bu sorunların ortadan kaldırılmasında birtakım çalışmalar yapılmakta ve ilk yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri düşük çeşitli doğal arıtma sistemleri geliştirilmiştir. Akuaponik sistemi bu doğal arıtma sistemlerinden birisidir (Endut ve ark., 2018; Lennard ve Leonard, 2006).

Doğal bir arıtma yöntemi olan akuaponik sistemlerin birçok avantajı mevcuttur. Sistemdeki suyu geri dönüşüm yoluyla yeniden kullanarak mevcut suyun korunması sağlandığı gibi doğal balık atıkları ile bitkilerin gübrelenmesi de sağlanır. Bitkilerin üretimi için gerekli tarım alanları işgal edilmemiş olup, bitkisel üretim için çevrede kaplanan alanın azaltılması sağlanır. Aynı zamanda akuaponik uygulamaları, besinin, üreticiden tüketiciye ulaşana kadar geçen sürenin azaltılmasını ve ürünün satış noktalarına yakın yerlerde yetiştirilmesini mümkün kılmaktadır (Kerim ve ark, 2009).

Akuakültürde kullanılan su, zamanla kirlenir, fosfor, amonyak, askıdaki katı madde miktarı artar ve buna bağlı olarak çözünmüş oksijen miktarı da azalır. Bu etkileri azaltmak amacıyla akuaponik sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemdeki temel amaç akuakültürde kullanılan suyun kirlilik yükünün azaltılması ya da tamamen yok edilmesidir (Liang ve Chien, 2013; Rakocy ve ark., 2010; Salam ve ark., 2014).

Dolayısı ile yapılan bu çalışmasında azot, fosfor, askıda katı madde ve organik madde açısından zengin olan ve alıcı ortamda ciddi çevresel problemler oluşturan balık atıksularının, doğal bir arıtım yöntemi olan akuaponik tekniği kullanılarak arıtılmasıdır. Çevre için potansiyel bir kirlilik kaynağı olan bu atıksuların akuaponik sistem ile arıtılarak yeniden kullanılması hem akuaponik sistemlerde hedeflenen ürün gelişimini hem de suyun arıtılarak yeniden kullanımı sonucunda balık üretimini de arttıracaktır. Buradan hareketle tezin amacını farklı bir deyişle; balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan yayılı kirlilik kaynağının topraksız tarıma yönelik farklı dolgu maddeleri ve farklı bitki türleri kullanılarak arıtılması şeklinde tanımlayabiliriz.

Materyal ve Metot

Bu çalışma, laboratuvarın uygun bir alanına kurularak kapalı bir mekanda dizayn edilmiştir. Çalışmada şebeke suyu kullanılmıştır. Çalışmada 100'er L'lik 0,45x0,60x0,35 m ebatlarında balıkların yetiştirildiği balık tankı, katı partiküllerin tutulduğu filtrasyon tankı, nitrifikasyonun gerçekleştiği nitrifikasyon tankı, marulların yetiştirildiği bitki tankı ve en son suyun toplandığı toplama tankı olmak üzere 5 adet plastik tank kullanılmıştır. Akuaponik sistemde,

ilk önce balık tanklarından çıkan su kendi cazibesiyle filtrasyon tankına aktarılmıştır ve partiküllerin tutulması sağlanmıştır. Filtrasyon tankından çıkan su, enerji kullanılmaksızın kendi cazibesiyle nitrifikasyon tankına gönderilmiştir ve burada nitrifikasyon bakterileri aracılığı ile nitrifkasyon gerçekleştirilip su marulların kullanabileceği forma dönüştürülüp bitki tankına gönderilmiştir. Marulların yetiştirildiği bitki tankından süzülen su hidroponik üniteye aktarılmış ve son olarak bu üniteden çıkan su bir depoda toplandıktan sonra pompa ile tekrar balık tanklarına geri çevrimi sağlanmıştır. Bu sayede kültür balıkçılığı atık suyunda bulunan amonyum ve nitrat biyofiltre aracılığı ile ortamdan uzaklaştırılmıştır. Sözü edilen işlemleri gerçekleştirmek amacı ile çeşitli tank ve hidrolik aktarım parçaları kullanılarak bir akuaponik sistem kurulmuştur. Kurulan akuaponik sistemin kurulum aşaması Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1. Akuaponik sistem kurulumu (orijinal)

Çalışmada tilapia türü balığı (*Oreochromis niloticus*) kullanılmıştır. Balıklar 0,45x0,60x0,35 m ölçülerindeki balık yetiştirme tankında büyütülmüştür. Çalışmaya 660 g ağırlığında balıkla başlanmış ve çalışma başında balıkların boy ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Balıklar günlük %4 oranında yem ile günde 2 sefer beslenmişlerdir. Çalışma sonunda balıklar 1 L suya 2,02 ml karanfil yağı koyularak bayıltılmış ve tekrar tartılarak ölçümleri alınıp büyümelerine bakılmıştır. Balıkların boy ölçümleri çapı belli olan 50 kuruş demir paranın yanına koyularak boy ölçüm programında ölçümleri yapılmıştır.

Çalışmada kıvırcık marul tohumları kullanılmıştır. Sisteme koyulan marul tohumları 15 gün adaptasyon sürecinden sonra marulların filizlenmesiyle 15 haftalık deneme başlatılmıştır. Marul tohumları filizlendikten sonra küçük viyollere pomza taşı ile dik durması sağlanarak dikilip tekrar straforlara yerleştirilmiştir. Marullara 18 saat aydınlık 6 saat karanlık ortam uygulanmıştır.

Akuaponik sistemden alınan su örneklerinin ölçümleri WTW photolab 6100 vis series taşınabilir spektrofotometre cihazı ile yapılmıştır. Kullanılan tanklardaki suyun sıcaklığı, pH ve çözünmüş oksijen içeriği ölçümleri, askıda katı madde (AKM), toplam katı madde (TKM), NH_4-N, NO_3-N, NO_2-N ve PO_4 ölçümleri haftada bir düzenli olarak yapılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Akuaponik Sistemde Balık Büyümesi, Bitki Büyümesi ve Atıksuların Arıtılması

Balık Büyümesi

Denemede kullanılan balıklar deneme başlangıcında ve deneme sonunda tartımı ve boy ölçümü yapılmıştır. Deneme başı ve deneme sonu boy ölçümleri Şekil 2'de verilmiştir.

(Deneme başı) **(Deneme sonu)**

Şekil 2. Deneme başı ve deneme sonu balık boyları (orijinal)

Deneme başında 2 sistemde de 660 gr ile başlayan balıkların ağırlıkları deneme sonunda 2,180 kg'a ulaşmıştır.

Bitki Büyümesi

Denemede tohumdan yetiştirilmeye başlanan marulların 1. hafta, 5. hafta, 10. hafta ve 15. hafta olarak büyümeleri Şekil 3' de verilmiştir.

(1. Hafta)

(5. Hafta)

(10. Hafta)

(15. Hafta)

Şekil 3. Denemede yetiştirilen marulların zamana bağlı büyümeleri (orijinal)

Atıksuların Arıtılması

Fizikokimyasal Sonuçların Değerlendirilmesi

Deneme boyunca balık tankı, filtrasyon tankı, nitrifikasyon tankı ve bitki tanklarında pH ölçümleri haftada bir ölçülmüştür. Deneme süresince balık tankı için ortalama pH 7,8, filtrasyon tankı için ortalama pH 7,8, nitrifikasyon tankı için ortalama pH 7,8, bitki tankı için ortalama pH 7,9 olarak bulunmuştur.

Deneme boyunca balık tankı, filtrasyon tankı, nitrifikasyon tankı ve bitki tanklarında sıcaklık ölçümleri haftada bir ölçülmüştür. Deneme süresince balık tankı için minimum sıcaklık 22,8 °C ve maksimum 25,7 °C, filtrasyon tankı için minimum 22,4 °C ve maksimum sıcaklık 25,4 °C, nitrifikasyon tankı için minimum 22,1 °C ve maksimum sıcaklık 26,3 °C, bitki tankı için minimum sıcaklık 24,2 °C ve maksimum sıcaklık 25,9 °C olarak bulunmuştur. Ortalama sıcaklıkları ise sırasıyla 24,5 °C, 24,3 °C, 25,0 °C, 25,3 °C olarak ölçülmüştür.

Deneme boyunca balık tankı, filtrasyon tankı, nitrifikasyon tankı ve bitki tanklarında çözünmüş oksijen ölçümleri haftada bir ölçülmüştür. Deneme süresince balık tankı için ortalama çözünmüş oksijen 4,5 mg/L, filtrasyon tankı için ortalama çözünmüş oksijen 4,6 mg/L, nitrifikasyon tankı için ortalama çözünmüş oksijen 3,5 mg/L, bitki tankı için ortalama çözünmüş oksijen 3,74 mg/L olarak bulunmuştur.

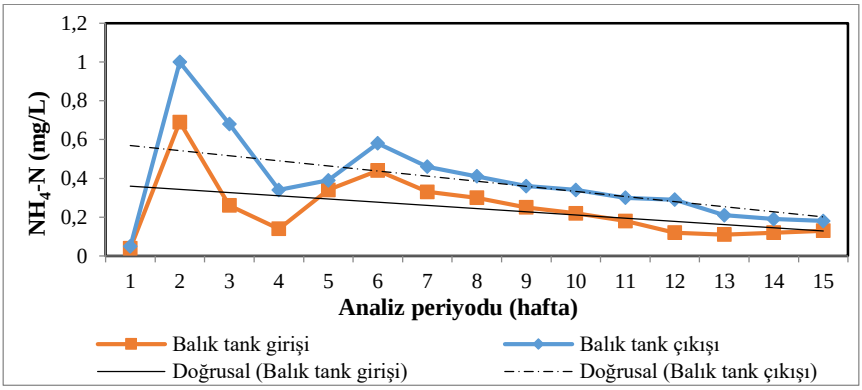
Deneme boyunca balık tankı, filtrasyon tankı, nitrifikasyon tankı ve bitki tanklarında toplam katı madde tayini ölçümleri haftada bir ölçülmüştür. Deneme süresince balık tankı için ortalama toplam katı madde tayini 0,44 mg/L, filtrasyon tankı için ortalama toplam katı madde tayini 0,47 mg/L, nitrifikasyon tankı için ortalama toplam katı madde tayini 0,46 mg/L, bitki tankı için ortalama toplam katı madde tayini 0,45 mg/L olarak bulunmuştur.

Deneme boyunca nitrifikasyon tankında askıda katı madde tayini ölçümleri haftada bir ölçülmüştür. Deneme süresince nitrifikasyon tankı için ortalama askıda katı madde tayini 0,14 mg/L olarak bulunmuştur.

Nütrient Giderim Sonuçların Değerlendirilmesi

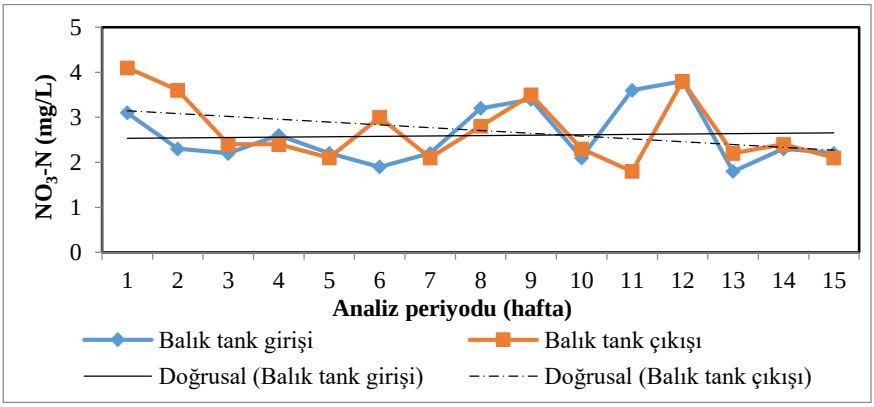
Nütrient giderim çalışmalarında balık ve bitki tanklarının NH_4-N, NO_3-N, NO_2-N ve PO_4 giriş ve çıkış değerleri ölçülmüştür.

NH_4-N ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri Şekil 4'de verilmiştir. 15 haftalık deneysel periyot sonucunda hem balık tankı girişi hem de balık tankı çıkışı NH_4-N konsantrasyonları azalmaktadır. Balık tankı çıkışı NH_4-N konsantrasyonlarının ortalama değeri 0,38 mg/L civarındayken, balık tankı girişi NH_4-N konsantrasyonlarının ortalama değeri 0,24 mg/L olarak hesaplanmıştır. Giriş ve çıkış arasındaki NH_4-N artışı balık yemlemesi ve balıkların atıklarından kaynaklanmaktadır. Hem giriş hem de çıkış NH_4-N doğrusal değerlerinde bir azalış görülmekte olup, bu azalış sistemin zamanla daha stabil ve verimli çalıştığını göstermektedir.



Şekil 4. Balık ünitesi için NH_4-N ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri

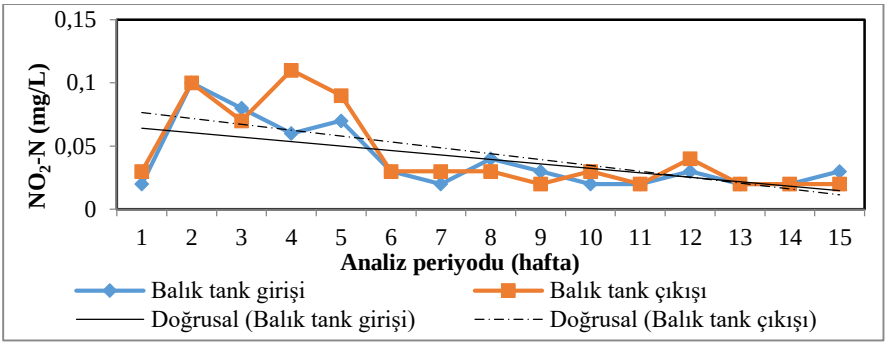
NO_3-N ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri Şekil 5'de gösterilmiştir. 15 haftalık deneysel periyot sonucunda hem balık tankı girişi hem de balık tankı çıkışı NO_3-N konsantrasyonları azalmaktadır. Balık tankı çıkışı NO_3-N konsantrasyonlarının ortalama değeri 2,70 mg/L civarındayken, balık tankı girişi NO_3-N konsantrasyonlarının ortalama değeri 2,59 mg/L olarak hesaplanmıştır. Giriş ve çıkış arasındaki NO_3-N azalması bitkinin ve mikroorganizmanın NO_3-N kullanmasından kaynaklanmaktadır. Hem giriş hem de çıkış NO_3-N doğrusal değerlerinde bir azalış görülmekte olup, bu azalış sistemin zamanla daha stabil ve verimli çalıştığını göstermektedir.



Şekil 5. Balık ünitesi için NO_3-N ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri

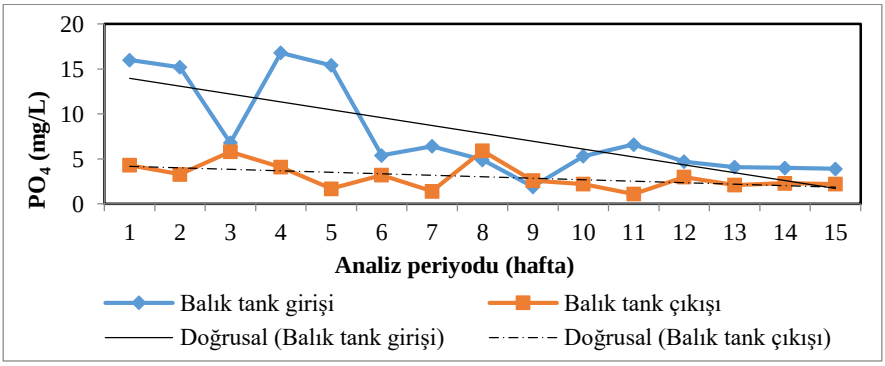
NO_2-N ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri Şekil 6'da verilmiştir. 15 haftalık deneysel periyot sonucunda hem balık tankı girişi hem de balık tankı çıkışı NO_2-N konsantrasyonları azalmaktadır. Balık tankı çıkışı NO_2-N konsantrasyonlarının ortalama değeri 0,04 mg/L civarındayken, Balık tankı girişi NO_2-N konsantrasyonlarının ortalama değeri 0,03 mg/L olarak hesaplanmıştır. Giriş ve çıkış arasındaki NO_2-N artışı balık yemlemesi ve balıkların atıklarından kaynaklanmaktadır. Hem giriş hem de çıkış NO_2-N

doğrusal değerlerinde bir azalış görülmekte olup, bu azalış sistemin zamanla daha stabil ve verimli çalıştığını göstermektedir.



Şekil 6. Balık ünitesi için NO_2-N ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri

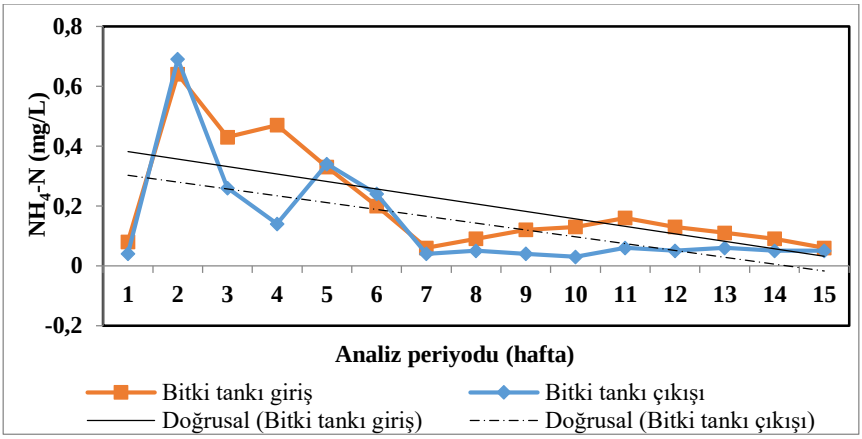
PO_4 ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri Şekil 7'de gösterilmiştir. 15 haftalık analiz sonucunda hem balık tankı girişi hem de balık tankı çıkışı PO_4 konsantrasyonları azalmaktadır. Balık tankı çıkışı PO_4 konsantrasyonlarının ortalama değeri 3,01 mg/L civarındayken, balık tankı girişi PO_4 konsantrasyonlarının ortalama değeri 7,8 mg/L olarak hesaplanmıştır. Giriş ve çıkış arasındaki PO_4 artışı balık yemlemesi ve balıkların atıklarından kaynaklanmaktadır. Hem giriş hem de çıkış PO_4 doğrusal değerlerinde bir azalış görülmekte olup, bu azalış sistemin zamanla daha stabil ve verimli çalıştığını göstermektedir.



Şekil 7. Balık ünitesi için PO_4 ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri

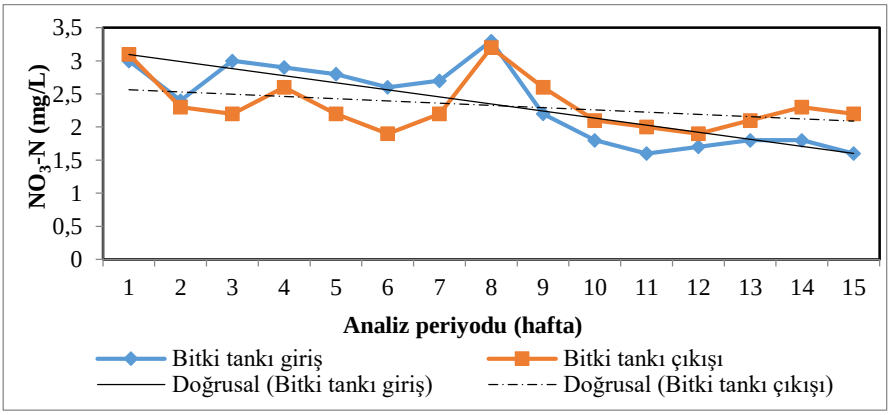
NH_4-N ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri Şekil 8'de verilmiştir. 15 haftalık deneysel periyot sonucunda hem bitki tankı girişi hem de bitki tankı çıkışı NH_4-N konsantrasyonları azalmaktadır. Bitki tankı çıkışı PO_4 konsantrasyonlarının ortalama değeri 0,14 mg/L civarındayken, bitki tankı girişi NH_4-N konsantrasyonlarının ortalama değeri 0,20 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Hem giriş hem de çıkış NH_4-N doğrusal değerlerinde bir azalış görülmekte olup, bu azalış sistemin zamanla daha stabil ve verimli çalıştığını göstermektedir.



Şekil 8. Bitki ünitesi için NH_4-N ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri

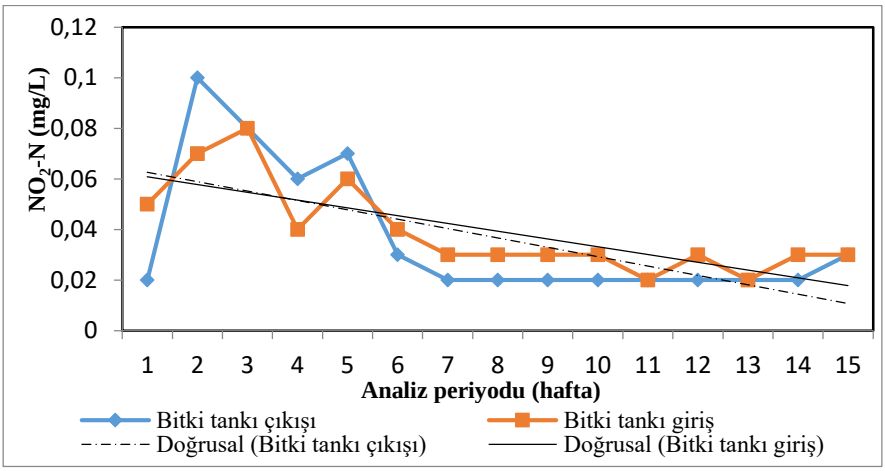
NO_3-N ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri Şekil 9'da verilmiştir. 15 haftalık deneysel periyot sonucunda hem bitki tankı girişi hem de bitki tankı çıkışı NO_3-N konsantrasyonları azalmaktadır. Bitki tankı çıkışı NO_3-N konsantrasyonlarının ortalama değeri 2,32 mg/L civarındayken, bitki tankı girişi NO_3-N konsantrasyonlarının ortalama değeri 2,34 mg/L olarak hesaplanmıştır. Hem giriş hem de çıkış NO_3-N doğrusal değerlerinde bir azalış görülmekte olup, bu azalış sistemin zamanla daha stabil ve verimli çalıştığını göstermektedir.



Şekil 9. Bitki ünitesi için NO_3-N ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri

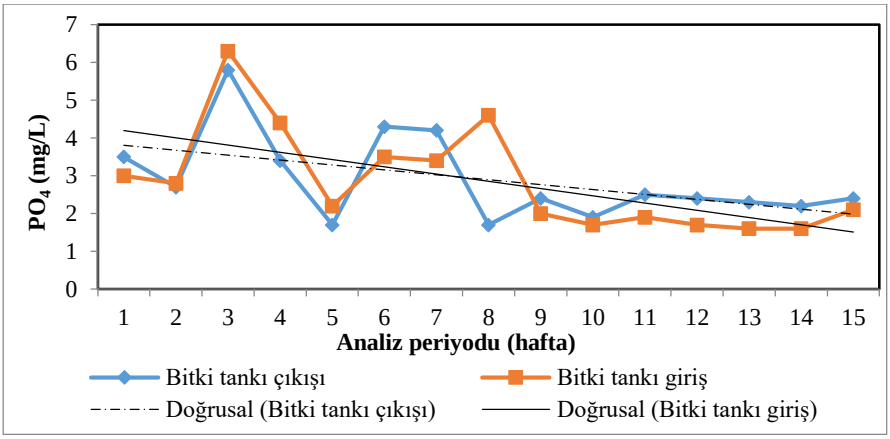
NO_2-N ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri Şekil 10'da verilmiştir. 15 haftalık deneysel periyot sonucunda hem bitki tankı girişi hem de bitki tankı çıkışı NO_2-N konsantrasyonları azalmaktadır. Bitki tankı çıkışı NO_2-

N konsantrasyonlarının ortalama değeri 0,036 mg/L civarındayken, bitki tankı girişi NO_2-N konsantrasyonlarının ortalama değeri 0,039 mg/L olarak hesaplanmıştır. Hem giriş hem de çıkış NO_2-N doğrusal değerlerinde bir azalış görülmekte olup, bu azalış sistemin zamanla daha stabil ve verimli çalıştığını göstermektedir.



Şekil 10. Bitki ünitesi için NO_2-N ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri

PO_4 ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri Şekil 11'da gösterilmiştir. 15 haftalık deneysel periyot sonucunda hem bitki tankı girişi hem de bitki tankı çıkışı PO_4 konsantrasyonları azalmaktadır. Bitki tankı çıkışı PO_4 konsantrasyonlarının ortalama değeri 2,89 mg/L civarındayken, bitki tankı girişi PO_4 konsantrasyonlarının ortalama değeri 2,85 mg/L olarak hesaplanmıştır. Hem giriş hem de çıkış PO_4 doğrusal değerlerinde bir azalış görülmekte olup, bu azalış sistemin zamanla daha stabil ve verimli çalıştığını göstermektedir.



Şekil 11. Bitki ünitesi için PO_4 ölçümlerinin haftalık analiz periyotlarında değişimleri

Sonuçlar

Çalışma tilapia (Oreochromis niloticus) olarak bilinen balık türü ve kıvırcık marul bitkisi gelişimi kurulan bir pilot akuaponik sistemde denenmiştir. Deneme süresince her tanktan alınan numunelerde suyun fiziko-kimyasal parametreleri ve tankların giriş ve çıkışlarından alınan numunelerde amonyum (NH_4-N), nitrit (NO_2-N), nitrat (NO_3-N), fosfat (PO_4) miktarları ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

Tohum ile başlanan marul bitkisi 15 hafta sonunda 1,400 kg' a ulaşmıştır. Balık gelişimine baktığımız zaman, 15 haftalık deneme süresince balık kaybı olmamıştır. 660 g ağırlık ile başlanan deneme sonunda balık ağırlığı 2,180 kg'a ulaşmıştır.

Balık ve bitki için pH seviyeleri akuaponik sistemler için optimum aralıkta olup ortalama 7,8-7,9 arasında ölçülmüştür. Çalışmada haftada bir ölçümü yapılan çözünmüş oksijen değerleri balık yoğunluğundan dolayı 4,5-5 mg/L arasında ölçülmüş olup sistem için yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Su sıcaklığı 24,4 civarlarında ölçülmüş olup balıkların yaşaması için optimum değer olduğu tespit edilmiştir.

15 haftalık deneysel periyot sonucunda hem balık tankı girişi hem de balık tankı çıkışı nütrient konsantrasyonları azalmaktadır. Örneğin, balık tankı çıkışı NO_2-N konsantrasyonlarının ortalama değeri 0,04 mg/L civarındayken, Balık tankı girişi NO_2-N konsantrasyonlarının ortalama değeri 0,03 mg/L olarak hesaplanmıştır. Giriş ve çıkış arasındaki NO_2-N artışı balık yemlemesi ve balıkların atıklarından kaynaklanmaktadır. Hem giriş hem de çıkış nütrient konsantrasyonları doğrusal değerlerinde bir azalış görülmekte olup, bu azalış sistemin zamanla daha stabil ve verimli çalıştığını göstermektedir.

Kaynaklar

Datta, S., 2016. Aquaponics- A Modern Tool for Integrating Fish Farming with Agriculture. International Conference on Aquatic Resources & Sustainable Management, 17-19 February, Kolkata, India, 58-64.

Datta, S., Mahapatra, B.K., Bhakta, J.N., Bag, S.K., Lahiri, S., Mandal, R.N., Jana, B.B., 2018. Aquaponics: A Green and Sustainable Eco-tech for Environmental Cum Economic Benefits Through Integration of Fish and Edible Crop Cultivation. Wastewater Management Through Aquaculture (207-223), Springer, Singapore.

Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Nik, W.B.W., Hassan, A., 2010. A Study on the Optimal Hydraulic Loading Rate and Plant Ratios in Recirculation Aquaponic System. Bioresource Technology, 101, 5, 1511-1517.

Kerim, M., Tırıl S.U., 2009. ''Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Akuaponik Uygulamaları'' Rize

Lennard, W.A., Leonard, B.V., 2006. A Comparison of Three Different Hydroponic Sub-system (Gravel Bed, Floating and Nutrient Film Tecnique) in an Aquaponic Test System. Agriculture International, 14, 6, 539-550.

Liang, J.Y., Chien, Y.H., 2013. Effects of Feeding Frequency and Photoperiod on Water Quality an Crop Production in a Tilapia-water Spinach Raft Aquaponics System. International Biodeterioration&Biodegradation, 85, 693-700.

Rakocy, J.E., Bailey, D.S., Shultz, R.C., Thoman, E.S., 2010. Update on Tilapia and Vegetable Production in the UVI Aquaponic System. University of Virgin Islands, Agricultural Experiment Station, Kingshill, USA.

Salam, M.A., Jahan, N., Hashem, S., Rana, K.M.S., 2014. Feasibility of Tomato Production in Aquaponic System Using Different Substrates. Progressive Agriculture, 25, 54-62.

Selek, M., 2017. Balık ve Bitki Üretiminin Entegrasyonu: Kapalı devre ve Akuaponik Sistemlerde Nil Tilapia Balığı (Oreochromis niloticus) ve Fesleğen Yetiştiriciliği (Ocimum basillicum). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 38, Çanakkale.

MÜZİK SİNYALLERİNDEN ELDE EDİLEN VERİLERLE MÜZİKTEKİ DUYGUYU TAHMİN EDEN YAPAY SİNİR AĞINI EĞİTMEK

Hasine Koçdemir

*Gazi Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye E-mail: hasinekocdemir@hotmail.com

Naciye Hardalaç

Özet: Müzikteki duyguyu algılayan bir sistem nöroloji , psikoloji ve müzikoloji gibi birçok bilime katkı sağlamaktadır. Bu sebeple bu çalışmada çeşitli sinyal işleme teknikleri uygulanarak müzik özelliklerinin çıkarılması ve daha sonra bu özelliklerin yapay sinir ağlarına girdi olarak verilerek bir müzik duygu tanıma sistemi geliştirmek hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka ,Sinyal İşleme, Ses İşleme

GİRİŞ

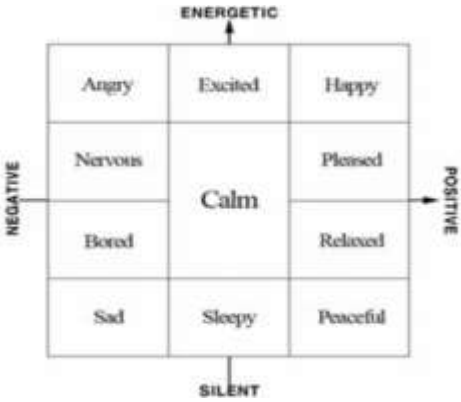
Müziğin birçok alanda etkisinin tespiti ile müziğin içerdiği duyguların tespit edilmesi önemli bir konu olmuştur. Müziğin zengin içeriğinin detaylı analizi matematik, dijital sinyal işleme, istatistik gibi birçok bilim dalının çalışmalarında yer almıştır. Birçok bilgisayar bilimci müzik üst veri (başlık, tür, duygu) ve alt seviye özellik analiz (perde,tempo,ritim gibi) yaparak müzik özelliklerini çıkarmaya çalışmışlardır.Müzik psikologları ise müzik ile duygular arasındaki bağlantıyı kurmakla ilgilenmişlerdir [1].

Duyguları analiz eden standart bir metot yoktur. Bununla birlikte Thayer'ın iki boyutlu duygu analiz modeli birçok araştırıcıya ilham olmuştur. Bu modelde "arousal" ve "valence" miktarları ölçülerek x-y koordinat sistemine yerleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı müziğin "arusol" ve "valence" değerleri tahmin edilerek bir müzik duygu tanıma sistemi geliştirmektir. Öncelikle sistemin müziksel özellikleri (perde, tempo, ses seviyesi, ton, anahtar ,ritim ve armonikler vs.) Matlab MIRToolbox ile çıkarılır. Çıkarılan bu özellikler göre duygular Thayer'ın iki boyutlu haritasında işaretlenir. Çıkarılan duygular kızgın, sıkıcı, mutlu, heyecanlı, üzgün gibi duygular olabilir. İkinci olarak hedef "arousal" ve "valence" değerlerini müzikten çıkarılan alt seviye (perde, ritim, tempo) özelliklere göre tahmin eden iki çıkışlı bir yapay zekayı eğitmektir.

1.İlgili Çalışma

1.1 Müzik ve Duygu

Müzikteki duygu durum araştırması genellikle duygu durum sınıflandırmayı etkileyen psikoloji ve psikolojik faktörleri tanımlamaya odaklanmıştır.80'ler boyunca birçok duygu modelleri önerilmiştir. Bunlar genellikle duygu oranları için boyutsal yaklaşımlara dayanmaktadır. Boyutsal yaklaşım "arousal" ve "valence" değerlerine göre duyguyu tanımlamaktır. Russell'in çembersel modeli duygu araştırmalarına pozitif etki etmiştir. Bu model iki boyutludur ve çember yapısı "arousal" ve "valence" boyutlarını içerir. Bu yapıyla duygular iç içe geçmiştir [2].Örneğin hüzün ve mutluluk bir aradadır. Thayer iki boyutlu bir duygu modeli önermiştir. Bu farklı duygusal tepkilere karşılık gelen basit fakat güçlü bir modeldir: baskı ve enerji. Baskının boyutuna "valence" ,enerjinin boyutuna "arousal" denilmiştir. Figür 1'de görüldüğü üzere iki boyutlu duygu düzlemi 4 parçaya bölünerek 9 duyguyu ifade etmektedir. Çalışmada Juslin'in teorisi ve Thayer'ın modeli kullanılmıştır.



Figür 12 Thayer'ın iki boyutlu duygu modeli.

1.2 Müzik Duygu Tanımı

Müzikteki duyguyu otomatik olarak algılamak gelişen dijital sinyal işleme ve özellik çıkarım yöntemleri ile mümkün hale gelmiştir. Duygu tanıma, müzik ile yapılan etkinlikler ve insan bilgisayar interaktif teknolojiler geliştirmek adına önemlidir.

Duygu tanımını yapay zeka ile yapabilmek için duygu düzlemi meydana getirmek gerekir. Bu düzlemdeki noktalar "arousal" ve "valence" değerlerinin kesişiminden meydana gelir. Müzikteki duygu "arousal" ve "valence" değerleri çeşitli yöntemler kullanılarak hesaplanır ve düzlemde hangi noktaya denk geldiği sonucu gösterir.

2. Müzik Sinyalleri İşleme

Müzik sinyal uygulamalarında , zaman bağımlı enerjinin farklı frekans bantlarda dağılımını incelemek için Short-Time Fourier Transform (STFT) kullanılmaktadır. X örnekleme oranı Fs olan ayrık zamanlı bir sinyal olsun ve N noktalı wn penceresinden geçirilsin:

$w_n = 0.54 - 0.46\cos(2pin/N)$

$$X(t,k) = \sum_{n=0}^{N-1} w(n)x\left(n + t.\frac{N}{2}\right)\exp\{-\frac{j2pikn}{N})$$

t ϵ [0:T-1] ve k ϵ [0:K].T burada çerçeve sayısıdır ve K ise N/2 yani son frekans değeridir. X(t, k) ise t.N/(2Fs) zamanında başlayan pencereye karşılık gelir.

Genel olarak Fs=44100 Hz ve N=4096'dır.Pencere uzunluğu 92.8 milisaniyedir. Zaman çözünürlüğü 46.4 milisaniye iken frekans çözünürlüğü 10.8 Hz' tir.

Her bir kısa zamanlı pencere analizinden sonra müzik sinyalinin tonlamasına dair önemli özellikler çıkarılır. Genlik modülasyonu alınarak armonikler elde edilir.

Müzik sinyal özelliklerinin incelemeleri STFT 'den türetilerek yapılır.

3. Uygulama

Bu bildiride müzik tanıma sistemi müzikteki özellik çıkarımları yapılarak kurgulanır. Çıkarılan bu özellikler ile "arousal" ve "valence" değerleri hesaplanır.10 kişi ile yapılan ankette kişilere 45 adet klasik müzikte parçasındaki heyecan duygusunu 1 ile 10 arasında değerlendirmesi istenmiştir. Aynı şekilde mutluluk duygusunu 1 ile 10 arasında değerlendirmeleri istenilmiştir. Bunlar "arousal" ve "valence" değerlerini bulmak içindir. Sonrasında her bir müzik parçasındaki "arousal" ve "valence" için 10 kişinin verdiği oyların ortalaması alınarak statik yapay sinir ağı bu değerlere göre eğitilmiştir.

3.1 Özellik Çıkarımı

Müzikteki özellikleri çıkarmak için "MIRToolbox" kullanılır."MIRToolbox" ,Matlab'ın müziksel özellikleri çıkarmak için geliştirilmiş bir aracıdır [3].

Her bir müzik özelliği geleneksel müzik teorisindeki müzik boyutudur.

3.2 Özellik Analizi

Bütün süreçler ses sinyali olarak başlayarak devam eder. Her bir müzik özelliği müzik teorisindeki bir müzik boyutunu ifade eder. FFT spektrumu , frekans veya Mel-bandlar alanlarında çeşitli pencereleme yöntemleri ile hesaplanır.Birçok özellik FFT'den türetilmiştir:

- Spektrumun temel istatistiği :spektral ağırlık merkezi, parlaklık, monotonluk gibi özellikleri verir.
- Spektrumun zamansal türevi spektral akışı verir.

Otokorelasyonun hesaplanması birçok normalizasyon stratejileri izlenilerek yapılabilir. Bunun amacı pencerelemenin yan etkilerini azaltmaktır.

3.2.1 Tını Analizi

En sık kullanılan yöntem MFFCC'lerin ("mel frequency cepstral coefficient") kullanılmasıdır[4].İlk önce ses sinyali yüklenir (1) ve çerçevelere ayrılır (2) ve "mirspectrum" fonksiyonu kullanılarak spektral alana geçilir(3).Spektrum frekans alandan Mel-ölçek alana geçilir(4).Frekanslar , Mel frekans diye adlandırılan 40 frekans bandına tekrardan ölçeklendirilir(5). Mel-ölçek alanın zarfı MFCCs olarak adlandırılır.Bu zarf Ayrık Kosinüs Dönüşüm ile elde edilir.Genellikle bunlarda belli sayıda seçilir.

a = miraudio(Songs{1,i}) (1)

f = mirframe(a) (2)

s = mirspectrum(f) (3)

m = mirspectrum(s,'Mel') (4)

c = mirmfcc(s,'Rank',1:13) (5)

3.2.2 Tonalite analizi

Frekans alandan perde alana geçiş log-frekans transformasyonla sağlanır.Perdeler arasındaki enerji dağılımı 'chomogram' olarak adlandırılır.Perdeler , "chomogram" sarılarak ait oldukları perde sınıflarına ayrılırlar.Sarılan "chomogram" ,12 perde sınıflarına göre enerji dağılımını gösterir[5].Perde sınıf dağılımı ile tonalite arasındaki bağlantı hesaplanarak müzik parçasının tonalitesi bulunabilir[6].Bu bağlantı dinleyici deneyi ile tespit edilir[7].

Tonalite ile en ilişkili özellik anahtar kuvveti olarak bulunmuştur[5].Aşağıdaki "mirtoolbox" fonksiyonları kullanılarak anahtar kuvveti bulunur:

c = mirchromagram(Songs{1,i},'Frame','Wrap',0,'Pitch',0); (6)

ks = mirkeystrength(c) ; (7)

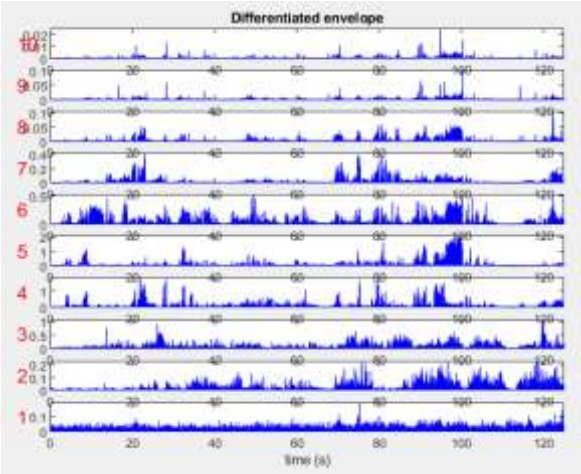
3.2.3 Ritim Analizi

Ritim analizi için şöyle bir yöntem önerilmiştir [8]: Ses sinyaline ayrıştırıcı filtreler uygulanır ve kanal sayısı arttırılır.Her bir kanalın zarfı çıkarılır.Zarflar ,beraber toplanmadan önce figür 2'deki gibi ayrıştırılır.Bu farklı ses kanallarından elde edilen her bir notanın enerji dağılımını verir.

Kanal sayısı 10 olan bir filtre bankası seçilir(8). Her bir kanalın zarfı çıkarılır ve türevi alınır(9).Türevi alınan bu zarflar toplanır(10).Çerçeveler arası

otokorelasyona bakılır(12). Otokorelasyondan önce çerçeveleri yeniden şekillendirmek önemlidir(11).En iyi tempo tepe noktalarından tahmin edilir(13).Dakikada vuruş sayısı hesaplanır(14).Daha sonra histogram çizdirilir(15).Böylece ses sinyalinin periyodu hesaplanır.

Bununla birlikte tempo parça boyunca değişiyorsa gerçek periyodları vermeyecektir. Mümkün olan çeşitli periyotları seçmek zor olacağından her bir çerçeveden birçok örnek alınır ve figür 3'deki tempo periyod histogramı çizilir [9].



Figür 2 Diferansiyel Zarflar.

Filter_bank=mirfilterbank(Songs,10) (8)

env=mirenvelope(Filter_bank,'Diff','Halfwave') (9)

m_sum= mirsum(env) (10)

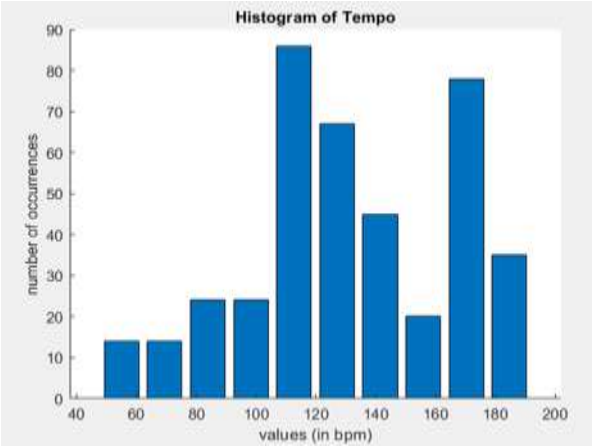
cerceve = mirframe(m_sum,3,.1) (11)

ac = mirautocor(cerceve,'Resonance') (12)

peaks = mirpeaks(ac,'Total',1,'NoEnd') (13)

t = mirtempo(peaks) (14)

histo = mirhisto(t) (15)



Figür 3 Tempo Histogram.

4. Segmentasyon

Bir ses sinyali otomatik olarak homojen parçalara ayırılabilir. Temposal kopuklukları olan ses sinyallerinde ve alternatif , farklı ses özellikleri kullanılırken segmentasyon kullanılır[11]. Segmentasyon yapılırken ses sinyali öncelikle çerçevelere ayrılır(16) ve seçilen bir özellik bu çerçeveler boyunca hesaplanır. Örneğin MFCC özelliği seçilmiş olsun(17).Özellik bir matrisin içinde tutulur(18).Diğer müzik özelliği monotonluk eğrisi ile değişim hesaplanır(19).Tepe noktaları bu eğri ile tespit edilir(20).Özellik devamsızlıklara sahip olduğundan ses sinyalleri parçalara ayrılır(21).

cerceve = mirframe(Songs) (16)

mfcc = mirmfcc(cerceve) (17)

sm = mirsimatrix(mfcc) (18)

novelty = mirnovelty(sm) (19)

peaks = mirpeaks(novelty) (20)

seg = mirsegment(Songs,peaks) (21)

5. Özellik Seçimi

Yapay sinir ağı eğitilirken kullanılan müzik özellikleri :
1) RMS (“Root Mean Square”)
Çerçevelere ayırılan her bir müzik sinyali için RMS değerinin hesaplanması bize temposal enerjiyi verir.
2) Dalgalanma

Müzikteki ritimle ilişkili bir özelliktir.23 ms'lik çerçevelere ayrılan müzik sinyali sinyallerin %50 oranında üst üste geleceği şekilde ele alınmıştır. dB değerlere çevirilen her bir sinyal büyüklüğü için FFT hesaplanır. Yeniden ağırlıklandırılan modülasyon katsayıları dalgalanmayı verir. Bu işlemler bize müzikteki ritmi verir[10].

3) Spektral Merkez

Müzikteki parlaklığı bulmak için spectral merkezi aşağıdaki formülasyonla elde etmeliyiz:

$$Cf= \sum_{k=0}^{N-1}(M_{k,f}k) / \sum_{k=0}^{N-1}(M_{k,f})$$

4) Major / Minor Mod

Müzik duygu araştırmacıları major modu mutlulukla, minor modu ise hüzünle ilişkilendirmişlerdir.

5) Anahtar

Müzikteki anahtar belli bir duyguyu yansıtır.Örneğin D minör melankoliyle, E major eğlenceyle ilişkilidir.

6)Spektral Sıçrama

Merkezden ortalama kaymayı tarif eder. Ses sinyalinin band genişliği ile alakalıdır. Gürültülü sinyaller geniş spektral sıçramaya sahiptir.

7)Entropi

Entropi ,spektrumdaki tepe noktalarını yakalamak için kullanılır [12]. Çok fazla spektral tepe varsa bu özellik düşüktür,düz bir spektrumda ise yüksektir.

8)Monotonluk

Monotonluk taraması müziğin akustik özellik yapısını analiz için güzel bir metottur. Monotonluk eğrisinden tonalite ve ritmik özellikler vs. çıkarılır. Monotonluğun az veya çok olması bu özelliklerle ilgili önemli ipuçları verir.

6. Duygu Tanıma

6.1 Eğitim Süreci

Sistemin eğitilmesi aşamasında statik nöral ağ kullanılmıştır. Hedef girdilerin müzik özellikleri ;çıktıların "arousal" ve "valence" olduğu bir nöral ağ oluşturmaktır.8 adet input ünitesi,8 adet gizli ünite ve 2 adet çıktı ünitesi bulunmaktadır. Müziğin hangi duyguyu ifade ettiği aşağıdaki formülasyonlarla tespit edilir :

Duygu1=(arousal ,valence)

Duygu2=(uzaklık ,açı)

$$\text{Uzaklık1} = (\text{arousal1}^2+\text{valence1}^2)^{1/2}$$

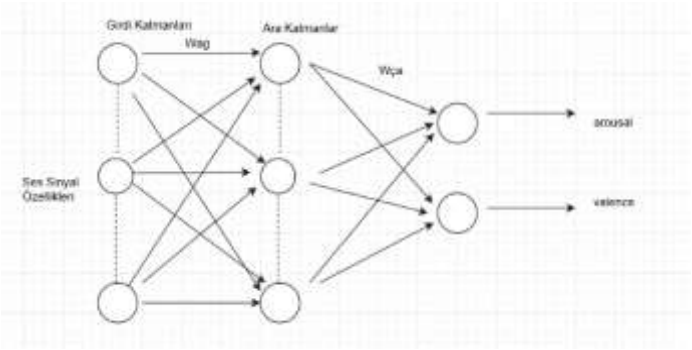
Açı1=arctan(arousal1/valence1)

arousal2=Uzaklık1.cos(Açı1)

valence2=Uzaklık1.sin(Açı1)

Ağ figür 6'daki gibi eğitilmiştir. Aşağıdaki prosedür uygulanmıştır:

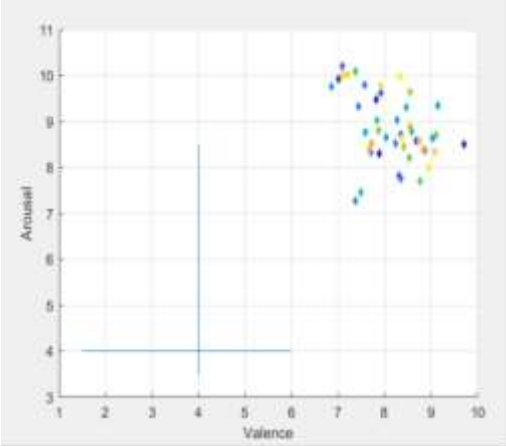
1. Girdi ve ara katmanlara ilk olarak sıfıra yakın sayılar atanmıştır.
2. Ağ rastgele bir input dizisiyle beslenir. Girdiler sigmoidal fonksiyondan geçirilmiştir.Wag ile çarpılarak her bir saklı ünitede toplanmıştır.Toplanan değerler saklı ünitelerden sigmoidal fonksiyonla çarpılarak çıkarılır.Daha sonra Wça ile çarpılıp her bir ünitenin toplanmasından sonra sigmoidal fonksiyondan geçirilir ve son olarak her bir output ünitesi için çıkış değerleri elde edilir.Ağ değerleri istenilen değerlerle kıyaslanarak hata hesaplanır.Geri dağılım algoritması kullanılarak ağırlıklar yeniden hesaplanır.Bu işlemin sonunda ağırlık değerleri güncellenir.
3. Hata 0.01'in altına inene kadar 2. Adımda anlatılan işlemler tekrarlanır.



Figür 4 Statik Nöral Ağ:8 adet girdi,8 adet gizli katman vardır.Wag girdi katmanı ile ara katman arasındaki ağırlık bağlantısır;Wça ise ara katman ile çıktı katmanı arasındaki ağırlık bağlantısıdır.

Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

45 klasik batı müziği parçasından çıkarılan 8 özelliğin yapay sinir ağına uygulaması figür 5'deki gibi sonuçlanmıştır :



Figür 5 45 Adet Klasik Batı Müziği Eserinin İki Boyutlu Duygu Düzlemindeki Yeri.

Bu çalışmada statik nöral ağ kullanılarak sistem “arousal” ve “valence” değerlerine göre iki boyutlu olarak 45 müzik parçası kullanılarak eğitilmiştir. “Arousal” ve “valence” değerlerinin hesaplamasında müzik özelliklerinden 8 tanesi kullanılmıştır. Çalışmada duygu iki boyutlu olarak düşünüldüğünden korku ve kızgınlık duygusunun ayırımı tam olarak yapılamamaktadır. Korgu ve kızgınlık duygusu için ikiden fazla boyutun düşünülmesi gerekmektedir. Gelecekte bu iki duygunun birbirinden ayırabilen duygu ve müzik matematik modelleri araştırılabilir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan yapay sinir ağı daha fazla müzik eserini daha kısa sürede öğrenmesi için geliştirilebilir.

Referanslar

[1] Kim, J., André, E.: Emotion Recognition Based on Physiological Changes in Music Listening. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 30, 2067--2083 (2008) .

[2] Russell, J. A.: A Circumplex Model of Affect. J. of Personality and Social Psychology. 39, 1161--1178

[3] Olivier Lartillot,Petri Toiviainen : MIR in MATLAB (II): A toolbox for Musical Feature Extraction from Audio (2007)].

[4] L.RabinerandB.H.Juangl, FundamentalsofSpeechRecognition, Prentice-Hall, 1993

[5] E.Gomez, “Tonal description of polyphonic audio for music content processing,” INFORMS Journal on Computing, vol. 18, no. 3, pp. 294–304, 2006.

[6] C.Krumhansl, CognitiveFoundationsofMusicalPitch, Oxford University Press, 1990.

[7] C. Krumhansl and E. J. Kessler, “Tracing the dynamic changes in perceived tonal organization in a spatial representation of musical keys,” Psychological Review, vol. 89, pp. 334–368, 1982.

[8] G. Tzanetakis and P. Cook, “Multifeature audio segmentation for browsing and annotation,” in Proceedings of the 1999 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics, 1999.

[9] P. Toiviainen and J.S. Snyder, “Tapping to bach: Resonancebased modeling of pulse,” Music Perception, vol. 21, no. 1,pp. 43–80, 2003..

[10] Pampalk et al., 2002] Pampalk, E., Rauber, A., and Merkl, D. (2002).Content-based orginization and visualization of music archives. International Multimedia Conference: Proceedings of the tenth ACM international conference on Multimedia, December 01-06.

[11] J. Foote and M. Cooper, “Media segmentation using selfsimilarity decomposition,” in Proceedings of SPIE Storageand Retrieval for Multimedia Databases, 2003, number 5021, pp. 167–175.

[12] Misra, H., Ikbal, S., Bourlard, H., and Hermansky, H. (2004), “Spectral entropy based feature for robust ASR,” in Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 193–196.

A THEORETICAL FRAMEWORK FOR THE PERFORMANCE OF SISO SYSTEMS OVER κ-μ SHADOWED ENVIRONMENTS

Mehmet Bilim*

**Department of Electrical and Electronics Engineering, Nuh Naci Yazgan University, Kayseri, Turkey*
mbilim@nny.edu.tr

Abstract: A generalized *κ-μ* shadowed fading channel includes popular characteristics such as *κ-μ*, Rician, Nakagami-*m*, Rayleigh, the one-side Gaussian and Rician shadowed distributions. In this letter, outage probability and the average bit error rate of single-input-single-output networks in *κ-μ* shadowed conditions are investigated. Novel expressions for the average bit error rate and outage probability of the considered network are derived by using the cumulative distribution function with the help of series representation and elementary functions. Also, we provide asymptotic outage probability and average bit error rate expressions for high signal-noise ratio region. Using numerical simulations, we verify the proposed exact and asymptotic expressions for the outage and average bit error probabilities.

Keywords: Generalized *κ-μ* shadowed model, outage and bit error probabilities.

I. Introduction

To accurately understand and analyze the performance of wireless networks, we require to study with realistic channel models. Motivated by this fact, in (Paris, 2014), Paris has introduced a new generalized and composite shadowing conditions called by the *κ-μ* shadowed fading channel.

There has been a lot of research on analytical expressions for the performance of wireless networks in *κ-μ* shadowed condition. The presented studies include novel analytical expressions for effective channel capacity, the performance of selection combining schemes and fade duration of wireless systems in *κ-μ* shadowed conditions (Zhang et al., 2015; Pozas et al., 2016; Martinez et al., 2017). On the other hand, in (Chandrasekaran and Kalyani, 2015), a simple probability expression of detection for a cognitive radio system was proposed in *κ-μ* shadowed conditions. Since the *κ-μ* shadowed condition presents a phenomenal composition of well-known fading models and the satellite-terrestrial channel is generally shaped by generalized fading models, the performance of a two-hop regenerative used satellite relaying network in the *κ-μ* shadowed conditions was examined in (Zhang et al., 2017).

Researchers analyzed the coverage analysis for downlink Poisson system in *κ-μ* shadowed conditions (Parthasarathy and Ganti, 2017). In (Cotton, 2016), the crossing rate and fade duration expressions of *κ-μ* shadowed links were proposed. Another study in (Cotton, 2015), the human shadowing in device-to-device

forming was investigated by employing the κ-μ shadowed environment. In (Chun et al., 2017), a wide analysis of fifth generation cellular systems in κ-μ shadowed conditions was provided. By approaching multiple-input single-output networks in κ-μ shadowed environment, the effective rate analysis was studied under different constraints (Li et al., 2017). The outage probability and capacity of a network used relaying free-space optical/radio-frequency transmission network in the κ-μ shadowed condition were studied (Trigui et al., 2017). With a maximal ratio combining technique, the authors in (Bhatnagar, 2015) presented the statistical description for the sum of the κ-μ shadowed variables with applications. New integral solutions include the κ-μ shadowed faded expressions were proposed and its applications were presented in (Sadhwani, 2018).

Although a plethora of research was carried out to dissimilar performances of wireless networks in the κ-μ shadowed conditions, none of the prior works, to the best of the authors' knowledge, have considered the outage probability and average bit error rate performance metrics of single-input-single-output wireless communication networks based on the cumulative distribution function (CDF) approach for the κ-μ shadowed conditions. The outage and error probabilities of a single-input-single-output network are provided in (Paris, 2014) and (Martinez et al., 2017), but these analyses are not based on the CDF and series expansion approaches. Motivated by this reality, in this study, we derive novel outage and error expressions for a single-input single-output wireless network in κ-μ shadowed conditions by using the series representation of the hypergeometric function. Because of the flexibility of the κ-μ shadowed distribution, the proposed novel outage and error expressions provide the ability to examine the performance of a single-input-single-output wireless network over different and popular fading environments.

II. System and Channel Models

The single-input single-output wireless networks over the κ-μ shadowed fading channel are considered. The received signal is expressed by

$$r = xh + n \tag{1}$$

where x is the information signal, n is the additive white Gaussian noise (AWGN) term and h is the channel gain. We assume that the channel coefficients are flat during the transmission time from the transmitter to receiver. In the considered system, we suppose that the AWGN is employed for the transmitted symbol during a fading environment. For the κ-μ shadowed condition, the probability density function (PDF) of instantaneous signal-to-noise ratio (SNR), γ , is written as (Paris, 2014)

$$f_\gamma(\gamma)=\frac{\mu^\mu m^m(1+\kappa)^\mu\gamma^{\mu-1}}{\Gamma(\mu)\bar{\gamma}^\mu(\mu\kappa+m)^m}e^{-\frac{\mu(1+\kappa)\gamma}{\bar{\gamma}}}\,{}_1F_1\left(m;\mu;\frac{\mu^2\kappa(1+\kappa)}{(\mu\kappa+m)}\frac{\gamma}{\bar{\gamma}}\right) \quad (2)$$

where m and κ denote the shape parameter and the energy ratio among the scattered components and the overpowering waves, respectively. μ represents the cluster's number. $\Gamma(\cdot)$ is the Gamma function and ${}_1F_1(\cdot,\cdot,\cdot)$ is the hypergeometric function (Gradshteyn and Ryzhik, 2007) $\bar{\gamma}$ is the average SNR.

III. Outage Probability Analysis

The outage probability that is commonly used is an important performance metric to characterize the behavior of a wireless network. Analytically, the outage probability can be determined as

$$P_{out}=\Pr[\gamma<\gamma_{th}]=F_\gamma(\gamma_{th})=\int_0^{\gamma_{th}}f_\gamma(\gamma)d\gamma \quad (3)$$

where γ_{th} is the threshold and $F_\gamma(\cdot)$ is the CDF of instantaneous SNR, respectively. To facilitate the analysis, the series representation of the hypergeometric function defined by ${}_1F_1(a;b;z)$ $\sum_{l=0}^{\infty}\frac{(a)_l}{(b)_l}\frac{z^l}{l!}$ is employed and the PDF of γ given in (2) can be rewritten as

$$f_\gamma(\gamma)=\sum_{l=0}^{\infty}w_l\frac{e^{-c\gamma}c^{l+\mu}\gamma^{l+\mu-1}}{\Gamma(l+\mu)} \quad (4)$$

where

$$w_l = \frac{\Gamma(l+\mu)\left(\frac{\Gamma(l+\mu)}{\Gamma(m)}\right)\left(\frac{\mu\kappa}{\mu\kappa+m}\right)^l\left(\frac{m}{\mu\kappa+m}\right)^m}{\Gamma(\mu)l!\left(\frac{\Gamma(l+\mu)}{\Gamma(\mu)}\right)}$$
(5)

$$c = \frac{\mu(1+\kappa)}{\bar{\gamma}}$$
(6)

Substituting (4) into (3), we have

$$P_{out} = F_\gamma(\gamma_{th}) = \int_0^{\gamma_{th}} \sum_{l=0}^{\infty} w_l \frac{e^{-c\gamma} c^{l+\mu} \gamma^{l+\mu-1}}{\Gamma(l+\mu)} d\gamma$$
(7)

To solve (7), we employ (Gradshteyn and Ryzhik, 2007, eq. (3.351.1)) and (Gradshteyn and Ryzhik, 2007, eq. (8.352.6)) and then, the outage probability expression of the κ-μ shadowed channels is carried out as

$$P_{out} = F_\gamma(\gamma_{th}) = \sum_{l=0}^{\infty} \frac{w_l}{\Gamma(l+\mu)} \gamma(l+\mu, c\gamma_{th})$$

$$= \sum_{l=0}^{\infty} \frac{w_l (l+\mu-1)!}{\Gamma(l+\mu)} \left[1 - e^{-c\gamma_{th}} \sum_{m=0}^{l+\mu-1} \frac{(c\gamma_{th})^m}{m!}\right]$$
(8)

where $\gamma(\cdot,\cdot)$ is lower incomplete Gamma function. Then, we focus on deriving an asymptotic outage probability expression. The lower incomplete Gamma function approximation for the high-SNR can be defined as

$$\gamma\left(l+\mu, c\gamma_{th}\right) \rightarrow \frac{\left(c\gamma_{th}\right)^{l+\mu}}{l+\mu} \tag{9}$$

When we use the lower incomplete Gamma function approximation which is defined in (9), the asymptotic analysis of outage probability from the first term of (8) is finally obtained as

$$P_{out}^{\infty} = F_{\gamma}^{\infty}(\gamma_{th}) = \sum_{l=0}^{\infty} \frac{w_l \left(c\gamma_{th}\right)^{l+\mu}}{\Gamma\left(l+\mu\right)\left(l+\mu\right)} \tag{10}$$

IV. Error Rate Analysis

The average error rate of a single link for different types of binary modulation is calculated with the help of the CDF of γ as (Sharma et al., 2016, eq. (20))

$$P_b = \frac{r^p}{2\Gamma\left(p\right)} \int_0^{\infty} e^{-r\gamma} \gamma^{p-1} F_{\gamma}(\gamma) d\gamma \tag{11}$$

where r and p denote modulation parameters. For example, we set p=0.5, r=1, and p=1, r=1 for binary phase shift keying (BPSK) and differential phase shift keying (DPSK), respectively. Substituting the second expression of (8) into (11), we get

$$P_b = \frac{r^p}{2\Gamma\left(p\right)} \int_0^{\infty} e^{-r\gamma} \gamma^{p-1} \left(\sum_{l=0}^{\infty} \frac{w_l \left(l+\mu-1\right)!}{\Gamma\left(l+\mu\right)} \left[1 - e^{-c\gamma_{th}} \sum_{m=0}^{l+\mu-1} \frac{\left(c\gamma_{th}\right)^m}{m!} \right] \right) d\gamma \tag{12}$$

Using (Gradshteyn and Ryzhik, 2007, eq. (3.351.3)), the closed-form error rate of the κ-μ shadowed environment is proposed by

$$P_b = \frac{r^p}{2\Gamma(p)} \sum_{l=0}^{\infty} \frac{w_l (l+\mu-1)!}{\Gamma(l+\mu)} \left\{ (p-1)! r^{-p} - \sum_{j=0}^{l+\mu-1} \frac{c^j}{j!} (p+j-1)! (r+c)^{-p-j} \right\} \tag{13}$$

For the high SNR, i.e., $\gamma \to \infty$, we use the asymptotic CDF expression as (10). Therefore, using the expressions in (10) and (11), we obtain

$$P_b^{\infty} = \frac{r^p}{2\Gamma(p)} \sum_{l=0}^{\infty} \frac{w_l c^{l+\mu}}{\Gamma(l+\mu)(l+\mu)} \int_0^{\infty} e^{-r\gamma} \gamma^{p-1} \gamma^{l+\mu} d\gamma \tag{14}$$

As a result, by using (Gradshteyn and Ryzhik, 2007, eq. (3.351.3)), an asymptotic average bit error rate expression of a considered network in κ-μ shadowed conditions is obtained as

$$P_b^{\infty} = \frac{r^p}{2\Gamma(p)} \sum_{l=0}^{\infty} \frac{w_l c^{l+\mu}}{\Gamma(l+\mu)(l+\mu)} (p+l+\mu-1)! r^{-p-l-\mu} \tag{15}$$

V. Results

Here, we demonstrate the some new results for outage and error probabilities for the considered network in κ-μ shadowed conditions by using the numerical evaluations. In Fig. 1, the simulation and analytical results for outage probability with different threshold value are illustrated with $\kappa = 2$, $\mu = 2$ and $m = 1$. The analytical results are provided with the derived expression in (8). From Fig 1, we see that the outage probability performance increases as γ_{th} decreases. Additionally, a good agreement between the simulations and analytical outcomes can be monitored, which approves the correctness of the proposed expressions. Furthermore, the asymptotic approximation in (10) is enough strict and have nearly precise when SNR is high ($\bar{\gamma} \geq 15$ dB).

Fig. 2 further describes the average bit error rate of a considered network in κ-μ shadowed condition for dissimilar parameter values with $p = 1$ and $r = 1$ (DPSK case). It can be seen that the correctness of the proposed expression in (13) is validated by the simulation results for the given parameters. Clearly, we can observe that the asymptotic expression in (15) is very close at high SNR region. To show the effects of the number of clusters and the energy ratio among the scattered components, we considered the dissimilar κ and μ in Fig 2.

In Fig. 3, the error rate of considered network is illustrated in κ-μ shadowed condition for different fading conditions with $p = 0.5$ and $r = 1$ (BPSK case).

Again, the simulation results are validated with the analytical results in this scenario. For the high SNR regime, the asymptotic outcomes are close with the analytical outcomes, as expected.

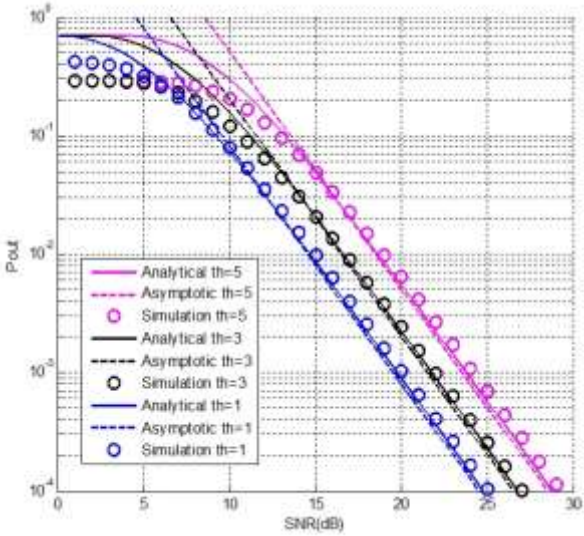


Fig. 1. Analytical, simulated, and asymptotic outage probability versus average SNR of the κ-μ shadowed environments with threshold, γ_{th} .

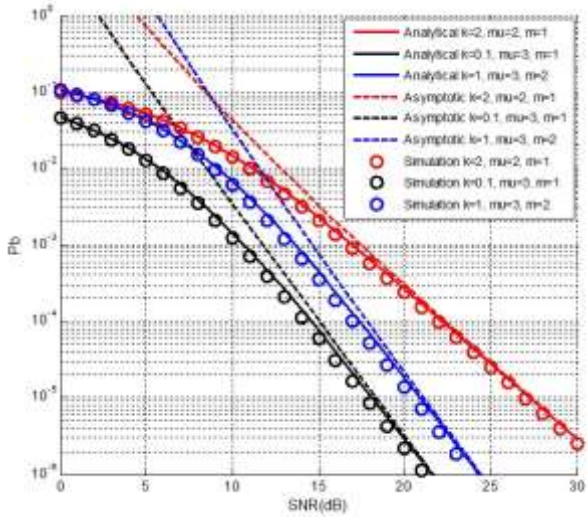


Fig. 2. Analytical, simulation and asymptotic error rate versus average SNR with dissimilar values of κ, μ, and m for the case of DPSK.

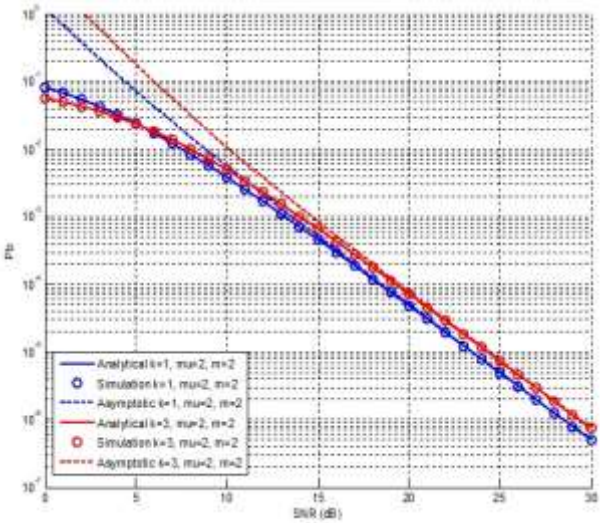


Fig. 3. Analytical, simulation and asymptotic error rate versus average SNR with dissimilar values of κ, μ, and m for the case of BPSK.

VI. Conclusion

We have proposed an elaborated analysis for outage and error probabilities of κ-μ shadowed channels based on the CDF and series expansion approaches. Novel and exact closed-form analytical expressions have been proposed in terms of the infinite series and elementary functions. Furthermore, we also derived asymptotic outage and error expressions with the help of lower incomplete Gamma function approximation. The proposed results reveal that the derived outage and error expressions are general since they include different fading and modulation schemes because of the flexibility of the κ-μ shadowed condition.

References

Bhatnagar M. R., "On the sum of correlated squared κ–μ shadowed random variables and its application to performance analysis of MRC," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 64, no. 6, pp. 2678–2684, 2015.

Chandrasekaran G., and Kalyani S., "Performance analysis of cooperative spectrum sensing over κ–μ shadowed fading," *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 4, no. 5, pp. 553–556, 2015.

Chun Y. J., Cotton S. L., Dhillon H. S., Martinez F. J. L., Paris J. F., and Yoo S. K., "A comprehensive analysis of 5G heterogeneous cellular systems operating over κ–μ shadowed fading channels," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 16 no. 11, pp. 6995–7010, 2017.

Cotton S. L., "Second-order statistics of κ–μ shadowed fading channels," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 65, no. 10, pp. 8715–8720, 2016.

Cotton S. L., "Human body shadowing in cellular device-to-device communications: channel modeling using the shadowed κ–μ fading model,"

IEEE Journal of Selected Areas in Communications, vol. 33, no. 1, pp. 111-119, 2015.

Gradshteyn I. S. and Ryzhik I. M., *Table of Integrals, Series, and Products*, 3rd ed. New York: Academic, 2007.

Li X., Li J., Li L., Jin J., Zhang J., and Zhang D., "Effective rate of MISO systems over κ–μ shadowed fading channels," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 10605–10611, 2017.

Martinez F. J. L., Paris J. F. and Romero-Jerez J. M., "The κ-μ shadowed fading model with integer fading parameters," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol 66, no. 9, pp. 7653–7662, 2017.

Paris J. F., "Statistical characterization of κ–μ shadowed fading," *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, vol .63, no. 2, pp. 518–526, 2014.

Parthasarathy S. and Ganti R. K., "Coverage analysis in downlink Poisson cellular network with κ–μ shadowed fading," *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 6 no. 1, pp. 10–13, 2017.

Pozas L. M., Martinez F. J. L., Paris J. F. and Naya E. M., "The κ–μ shadowed fading model: unifying the κ–μ and η–μ distributions," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol .65, no. 12, pp. 9630–9641, 2016.

Sadhwani D., "Simple and tightly approximated integrals over κ-μ shadowed fading channel with applications," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 67, no. 10, pp. 10092–10096, 2018.

Sharma N., Bansal A., and Garg P., "Decode-and-forward relaying in mixed η–μ and gamma-gamma dual hop transmission system," *IET Communications*, vol. 10, no. 14, pp. 1769–1776, 2016.

Trigui I., Cherif N., and Affes S., "Relay-assisted mixed FSO/RF systems over Málaga-M and κ–μ shadowed fading channels," *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 6 no. 15, pp. 682–685, 2017.

Zhang J., Li X., Ansari I. S., et al. "Performance analysis of dual-hop DF satellite relaying over κ–μ shadowed fading channels," Proc. of Int. Conf. on IEEE Wireless Communications and Networking, San Francisco, USA, pp. 1-6, March 2017.

Zhang J., Dai L., Gerstacker W. H., *et al*., "Effective capacity of communication systems over κ–μ shadowed fading channels," *IET Electronics Letters*, vol. 51, no. 19, pp. 1540–1542, 2015.

ELEKTRİK İÇ TESİSLERİNDE 8 KANALLI RÖLE KONTROL KARTI İLE AKILLI SİSTEM TASARIMI

Ali Tılfarlıgil*

**Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye*

E-mail: ali.tilfarligil@emo.org.tr

İdil Koç**

***Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye*

E-mail: idillkocc@gmail.com

Halil Yetgin***

****Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye*

E-mail: hyetgin@beu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, elektrik tesislerinin kontrol edilmesinde ve elektrik iç tesisatlarının akıllı sistemler ile tasarlamasında, güvenlik ve ekonomik unsurların göz önünde bulundurulması hedeflenmiştir. Çalışma 8 adet röle kullanılarak bilgisayar ile devrenin çıkışlarına bağlanacak olan elektrik ve elektronik cihazların kontrol edilmesi amaçlanmıştır. Küçük ve orta ölçekli işletmelerin makine ve tesisat elemanlarına bilgisayar kontrolü ile daha güvenli bir şekilde müdahalelerine olanak sağlanmaktadır. Birçok sanayi işletmelerinin kullandığı makineler tehlike arz edip iş güvenliğinde büyük riskler taşımaktadır. İnsanların dikkatsizliği sonucu kazalar meydana gelebilmekte ve bu kazalar ekonomik zararlara, iş kayıplarına, yaralanmalara ve hatta ölümlere sebebiyet verebilmektedir. Tasarladığımız akıllı sistem, kontrol karmaşasını ortadan kaldırarak bilgisayarlı kontrol tüm sistemin çalışma durumlarını kontrol edip, iş kazası riski taşıyan unsurların önüne geçebilmektedir. Risk arz eden cihaz ve makinelerin tasarlanan kontrol kartına entegre edilmesiyle anlık çalışma durumları gözlemlenebilecek ve istenildiği zaman müdahale şansı elde edilebilecektir. Tasarlanan kartın iş güvenliği açısından risklerin ortadan kaldırılmasına bir çözüm olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Röle Kontrolü, Akıllı sistemler, İş Güvenliği, Bilgisayar Kontrolü.

Intelligent System Design with 8-Channels Relay Control Card in Indoor Electrical Installations

Abstract: In this paper, the security and economic factors are taken into account for the control and the design of indoor electrical installations with intelligent systems. It is also planned to control the electrical and electronic devices which will be connected to the outputs of the

computer and the circuits by using 8 number of relays. Machine and installation components of small and medium-sized enterprises are managed via computer control to provide more safety. The machines used by many industrial enterprises conduct hazardous activities and involve with great risks in occupational safety. Accidents can occur as a result of people's carelessness and these accidents can lead to economic and labour losses, injuries and even to deaths. The intelligent system we design can control the entire workplace environment by eliminating the control complexity and can prevent the risk elements of the occupational accidents. By integrating risky devices and machines into the designed control card, instant operational circumstances can be monitored and in case of an occupational accident, intervention can be acquired at any time. The control card devised is expected to be a solution to the elimination of risks in terms of occupational safety.

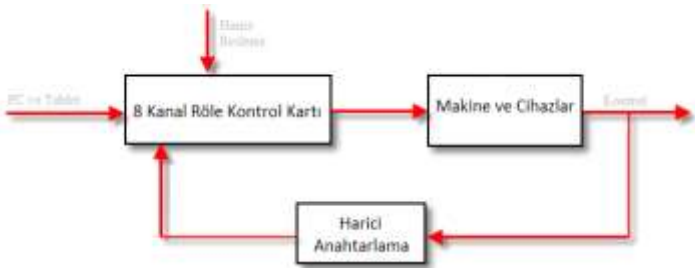
Keywords: Relay Control, Intelligent Systems, Workplace Safety, Computer Control.

GİRİŞ

Günümüzde iş kazalarında ve işçi sağlığında önemli zafiyetler oluşmuş durumdadır. Özellikle sanayi çalışma ortamında tehlikeli makine ve cihazların kullanımında alınan önlemlerin ve tedbirlerin yetersiz olması büyük ölçekli kaza risklerini arttırmaktadır. Kontrol sistemleri ve iş güvenliğini kapsayan çalışmalarda küçük ve orta ölçekli sanayi işletmelerinin tehlike ve risk arz eden makine ve cihazlarının koruma önlemleri, alınan tedbirlerin riski azaltmadığı durumlar ortaya çıkmaktadır. Riskli ve tehlikeli makinelerin insan sağlığına ve iş kazalarına sebebiyetiyle ciddi zararlar gözlemlenmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda makinelere kaptırma, bir maddenin sıçraması ve düşmesi şeklinde gerçekleşen ölümlü iş kazalarının incelenmesi, bu kazalardaki kusurların neler olduğunun tespiti ve tekrar bu kazaların oluşmaması için gerekli tedbirlerin alınması için yapılan çalışmalar riskleri ortadan kaldırarak iş güvenliğine büyük katkı sağlamıştır (Zile Mehmet, 2011). İş güvenliği açısından yapılacak olan bu projenin, hem maddi açıdan ve hem de iş sağlığı yönünden gelişmelere katkı sağlaması hedeflenmektedir. Bu sistemlerin tehlike anında caydırma etkisine sahip olmaları, tehlikeyi uzakta tutmaya çalışmaları, tehlike yaklaştığında diğer alarm sistemlerinden eksik kalacakları anlamına kesinlikle gelmez. Tüm önlemlere karşı yaklaşan tehlikede yine en güvenilir sistemler, bu tarz sistemlerdir. Büyük tehlike arz eden ve risk oranı yüksek olan işlerde insan hayatına sebep olabilecek iş kazalarının kaynağında önlenmesi çok önemlidir. Kazaların, kaynağında önlenmesinin büyük ölçüde yarar sağladığı gözlemlenmiştir.

Günümüzde bilgisayarlı kontrol sürekli gelişmekte olup elektrik iç tesisatı uygulamaları açısından da büyük yeniliklere yol açmaktadır. Bu yenilikler, çoğunlukla karmaşıklık düzeyi çok yüksek uygulamaları beraberince getirmiştir. Bu açıdan, çalışmamızı diğerlerinden üstün kılan özellikler, kullanıcı dostu arayüz ve iş kazalarında etkili olması şeklinde ifade edilebilir. Karmaşık bir sisteme sahip olmadığından kullanımı için yapılacak olan eğitimlerden yüksek oranda başarı elde etmek mümkündür. Bilgisayar kontrollü doğal taş işleme

makinaları (CNC) genelde üzerine malzemenin konulacağı çalışma tezgâhı, elektrik motoru, farklı parçaların hareketini sağlayan pnömatik veya hidrolik güç üniteleri, kontrol paneli ve gerekli yazılımdan oluşmaktadır (Karaman B., 2016). Bu tip makinalar bilgisayar kontrollü tam otomatik sistemlerdir. Bu tip makinaların iş güvenliğine yönelik değil, daha çok üretimi arttırma, üretimde kolaylık sağlama, üretimde hızlılığın sağlanmasına yönelik, yani üretim amaçlı yapılmış çalışmalardır. Ayrıca, bu sistem her türlü elektrik ve elektronik devrelere ve tesislere entegre edilebilmesi açısından uygundur. İş güvenliği bakımından önemli olması dışında akıllı sistem olarak kullanılabilir. Geliştirmiş olduğumuz bu sistem, işletmelerin aydınlatmalarının, makinelerinin, cihazlarının, kullanılan diğer bütün elektrik ve elektronik teçhizatlarının bu sisteme uyarlanmasıyla basit bir şekilde kullanılabilmektedir. Bu çalışma, ev otomasyonu olarak tesisata entegre edilmesi durumunda piyasadaki akıllı ev sistemlerinden daha az maliyetle gerçekleştirilebilmektedir ve daha kolay kullanım avantajı sağlayabilmektedir.



Şekil 1: Kontrol kartının çalışma sistemi.

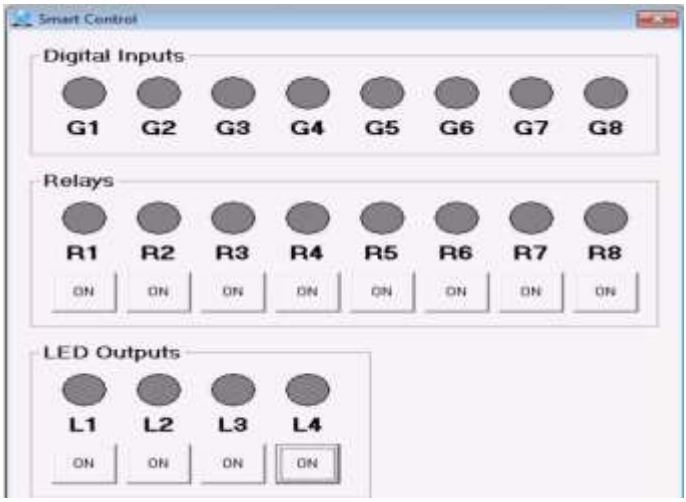
Yapılan çalışmada elektronik devrenin çalışma prensibi Şekil 1'de kontrol şemasıyla gösterilmektedir.

Literatürde yaptığımız çalışmaya yakın bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bekiroğlu ve diğerleri GSM tabanlı ultrasonik bir motorun kontrolünü gerçekleştirmişlerdir (Bekiroğlu, E., 2005). Dijital yöntemle Motoru sürmek için bir motor sürücü devresi tasarlayıp devrenin ve telefonun çıkışlarına ayrı bir çözücü devre ile mikro kontroller devresi ilave etmişlerdir. Çalışmayı farklı durumlarda, farklı yönlerde ve çeşitli hızlarda denemişlerdir. Akıllı stokerli kazan sistemi çalışmasında (İnan, A.İ., 2007) seraların ve binaların ısıtılması amacıyla kullanılan kömür kazanlarını kontrol eden bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada Basic tabanlı SAI programlama dili kullanılmıştır. Sistem, kazan sıcaklığı sera içi ve sera dışı sıcaklığı arasındaki bağıntıyı kurarak tayin edilen değerler arasında çalıştırmaktadır. Sera ve bina ısıtmasının araştırma amaçlı incelenmesi için, 4800 baud hızında, RS232 bağlantısı vardır. Bilgisayar ve Datalog Programı sayesinde,

sistemdeki tüm değişiklikler bir bilgi yığını ile tutulabilmektedir. Sistemin kontrolünde PIC16F877 kullanılmıştır. Uzaktan sabit telefon hattı ve modem kullanılarak bir evdeki cihazların kontrolü çalışmasında (Çayıroğlu, İ., 2007) kullanıcı, sistemi uzaktan sabit telefonun tuşlarını kullanarak evdeki cihazları kontrol edebilmektedir. Otomasyon sisteminin yazılım kısmında modemden bilgileri almak için TAPIEx ActiveX Control 2,6 yazılımı kullanılmaktadır. Bu yazılımdan alınan verilere bağlı olarak istenen komutu gerçekleştirecek ve portları kontrol edecek bir arayüz programı geliştirilmiştir. Bilgisayar çıkışından rölenin sürülebilmesi için bir röle devresi hazırlanmıştır. Kontrolü sağlanan röle sayesinde evdeki bütün elektrikli ve elektronik cihazların kontrolü sağlanabilmektedir. Gedikpınar ve diğerleri ülkemizdeki tarım ve tarımsal faaliyetleri dikkate alarak, telefon hatları üzerinden verilen komutlar ile sulama sistemlerinin otomatik kontrol edilmesini sağlayan bir kontrol devresi tasarlamıştır (Gedikpınar, M., 2007). (Kürklü ve Çağlayan, 2005) bir bilgisayar tarafından kontrol edilen tam otomatik sera otomasyonu geliştirmişlerdir. Su deposu otomasyon sistemi çalışmasında (İnan, A.İ., 2005) içme ve sulama su ihtiyacını karşılamak üzere iki depodan oluşan sistemin otomatik kontrolü gerçekleştirilmiştir. Ana depodan telsiz sinyalleri ile gelen su seviyesine göre pompalar otomatik olarak çalışır. Sistemin çalışması, kablosuz haberleşme aracılığıyla verilerin database'de kayıtlanmasıyla internet üzerinden izlenebilmekte ve kontrol edilebilmektedir.

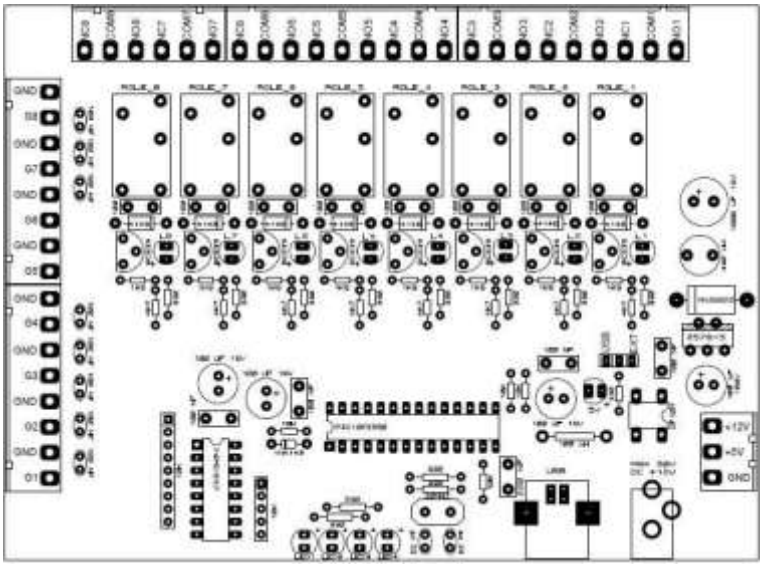
SİSTEMİN MODELLENMESİ

Sistemin arayüz programlanması yapılarak kontrolün basit bir şekilde yapılması sağlanmıştır. Şekil 2'de arayüz programı gösterilmektedir.



Şekil 2: Bilgisayar Arayüz Programı.

Bu projede, 8 adet röle kullanılarak bilgisayar ile devrenin çıkışlarına bağlanacak olan elektrik ve elektronik cihazların kontrol edilmesi uygun görülmüştür. Devrede PIC18F2550 entegresi kullanılmıştır ve bu PIC, CCS C ve JAL edit ile programlanmıştır. Devrede, 8 adet röle çıkışı olduğu gibi 8 adet de manuel kontrol çıkışı bulunmaktadır. Bu manuel çıkışlar ister sistemden bağımsız bir şekilde kullanılabilir, istenilirse de sistemle özdeşleştirilip ayrı ayrı buton ve anahtar ile bilgisayarın çalışmadığı durumlarda kullanılabilir. İlgili çıkışlara switch veya buton takılarak kontrol sağlanabilmektedir. Ayrıca kart, pano şeklinde tasarlanmış olduğu için kart üzerinden de çalışma durumları gözlemlenebilmektedir. Kart beslemesi bilgisayar USB portundan sağlanabileceği gibi harici bir 15-24V DC kaynaktan da sağlanabilir. Bir adaptör yardımıyla kolayca şebeke gerilimiyle beslenebilmektedir. USB haberleşmesi için HID (Human Interface Device) kullanıldığı için herhangi bir sürücü yüklemesi gerektirmeksizin çalıştırılabilir. Bilgisayar arayüzü kullanılarak dijital girişler gözlenebildiği gibi röle ve LED çıkışları kontrol edilebilir. Bilgisayar arayüzü Visual Basic 6.0 ile hazırlanmıştır. Şekil 2'de Arayüz programı üzerindeki butonlardan "Digital Inputs", harici olarak anahtarlama yapabilir ve yardımcı röle olarak kullanılabilmektedir. "Relay", rölelerin bağlı olduğu makine ve cihazların kontrolünü sağlamaktadır. "Led Outputs", haberleşme için bilgi amaçlı kullanılabilir.



Şekil 3: ARES tasarımının TOP LAYER görünümü.

Şekil 3'de şema, Proteus ISIS & ARES programları ile hazırlanmıştır. ISIS ile elektronik devre malzemeleri yerleştirilip simülasyonu yapıldıktan sonra ARES' e yüklenen malzemeler düzenli şekilde PCB için yerleştirilmiştir. Bottom Layer çıktısıyla devre hazırlanmaya uygun hale getirilip Şekil 4'de devrenin son hali gösterilmiştir.

Şekil 4: 8 Kanal Röle Kartı.

SONUÇ

Çalışma yerlerinde iş güvenliğini tehdit eden ve iş ortamında tehlike arz eden bütün unsurlar, genel olarak çalışma ortamının doğal çevresi, makine ve malzemeden kaynaklanır. Tehlikeye karşı koruyucusuz veya koruyucusu yeterli olmayan makineler veya bunlardaki montaj ve tasarım hataları, kusurlu ve noksan teçhizat, işe uygun makine kullanılmaması, çalışma ortamındaki eksiklikler gibi hususlar tehlike arz eden durumlardır. Bu durumlar kazaya sebep olan, kaynağında önlem alınması gereken ve göz ardı edilmemesi gereken durumlardır. Çoğu zaman dikkatsizliğin de baş gösterdiği durumlarda kazalar kaynağında meydana gelebilmektedir. Bu gibi durumlar göz önüne alındığı zaman çalışan makinelerin ve cihazların yanında çalışmak sorun yaratmaktadır. Kontrolü, uzaktan bilgisayar yardımıyla yapmak kazaya kaynağında sebep olan unsurları ortadan kaldıracaktır.

Yapılan bu çalışmada, tasarlanan röle kartı ile bilgisayardan makine ve cihazların kontrolü sağlanmıştır. Bu çalışma ile iş güvenliğinde tehlikeleri ve kazaları, insan hayatına mal olabilecek etkileri azaltmak hedeflenmiştir. Sistem, makine ve cihazların uzaktan bilgisayar yoluyla kontrolünün sağlanmasıyla makinelerin ve cihazların yanında olmadan çalıştırılıp durdurulabilmesine olanak sağlamaktadır. Sistem her türlü bilgisayar ve tablete uygun tasarlanmıştır, yani büyük ve küçük güçte çalışabilen elektrikli ve elektronik sistemlerin kontrolünü gerçekleştirebilmektedir.

KAYNAKLAR

Zile Mehmet, 2011. Makinelerde Sıkışma ve Düşme Şeklinde Gerçekleşmiş Ölümlü İş Kazalarının Analizi, Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences, 31 Temmuz, 2018, 56-64.

Karaman B., Metamorfik Kökenli Kayaçların Bilgisayar Kontrollü Makine (CNC) ile İşlenebilirliğini Etkileyen Parametrelerin Belirlenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Şubat 2016.

Bekiroğlu, E., Daldal, N., Remote control of an ultrasonic motor by using a GSM mobile phone, Sensors and Actuators, 120, 536–542, 2005.

İnan, A.İ, Sera otomasyon sistemi, Bilgi Teknolojileri Kongresi, Denizli, 06-08 Mayıs 2002.

Çayıroğlu, İ., Erkaymaz, H., Uzaktan Sabit Hat Erişimli Bilgisayar Destekli Ev Otomasyonu, PAÜ Mühendislik Fakültesi Dergisi, 13(3), 379-385. 2007.

Gedikpınar, M., Çavaş, M., PIC Mikrodenetleyici Kullanılarak Telefon Hatlar Aracılığı ile Sulama Sistemlerinin Kontrolü, Politeknik Dergisi, 8(3), 249-254, 2005.

Kürklü, A., Çağlayan, N., Sera Otomasyon Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1), 25-34, 2005.

İnan, A.İ., İçme Suyu Kuyuları ve Depolarının Rf & Internet Destekli Otomasyonu ve Geniş Arazide Uygulaması, Otomasyon dergisi, 59162, 2005.

DÜŞÜK GÜÇ VE UZUN MESAFE SAYAÇ VERİSİ İLETİMİ

Kübra ÖZBEK
Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Beşevler – Ankara
kubraaozbek@gmail.com,

Mustafa BURUNKAYA
Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Beşevler – Ankara
bmustafa@gazi.edu.tr

.

Özet: Türkiye'nin su kaynakları yönünden zengin olduğu inanışına rağmen, yapılan araştırmalar su sıkıntısı yaşayan bir ülke olduğunu göstermektedir. Bilinçsiz kullanım, olumsuz iklim koşulları, nüfus artışına bağlı olarak su kullanımının artışı, kaynakların kirlenmesi ve yeterince korunamaması vb. nedenlerle su kaynakları hızla azalmaktadır. Bunun için özellikle depolarda işlenen suyun kontrolü önemli bir çözüm olabilir. Böylece işlenen suyun tüketim kayıtlarının tutularak gerekli analizlerinin yapılmasının sağlanması ile kayıp ve kaçakların engellenerek, suyun verimsiz kullanımının önüne geçilmesi sağlanabilir. Bu gibi işlemlerin insan unsuru ile gerçekleştirilmesi durumunda yanlış okuma, sayaçların bulunduğu ortama erişim zorlukları, insan hataları vb. sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu konuda sayaç verilerinin otomatik olarak okunması ve böylece bunların anlık olarak iletilmesi vb. bir çözüm olabilir. Bu yöntemde ise sayaç verilerinin okuma doğruluğu, veri iletim mesafesi, güç tüketimi vb. sınırlamalar bulunmaktadır. Bu amaçla kullanılan RF modemlerin veri iletim mesafesinin az olması, GPRS modüllerin yüksek güç tüketimi ve ağla olan bağlantılarının kopabilmesi önemli dezavantajlardır. Bu çalışmada bu amaçlarla sayaç verilerinin iletilmesi için düşük güç tüketimi ile uzun mesafe veri iletimi sağlayan ve gürültü bağışıklığı yüksek olan LoRA RF modül kullanılmıştır. Sayaç verileri uzun mesafe ve düşük güç tüketimi ile başarı ile iletilmiştir. Okunan sayaçlardan alınan verilere göre, sahada okuma yapan personellerin aldığı kayıtlara oranla daha hassas okumalar sağlandığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Su Sayacı, Su Kaçakları, IoT, LoRa, LoRaWan.

1. GİRİŞ

Bugün, Nesnelerin İnterneti (IoT) çağını yaşıyoruz. IoT Ağların devasa miktarda bilgiyi yaymak için bağlanması gerekmektedir. IHS Markit , 2025 yılına kadar 75 milyar bağlı nesnenin tüm sektörlere ulaşacağını ve yayılacağını duyurdu. Bu gibi nesneler cihazlar, otomasyon, evlerimizi ve halka açık yerleri

çevreleyen sensörler olacak. Örneğin Sıcaklık, nem, kamu aydınlatması, ev otomasyonu, park yeri (dolu veya boş) ve e- sağlık gibi birçok tür bilgilerin iletimini sağlayabilirler. Ancak bu, nesnelerin üstel artışını absorbe edebilen, cihaz sayısında ve bu miktarda bilgi yönetiminde İnternet uyumlu ve ölçeklenebilir bir kablosuz altyapı gerektirir. Bu süreç, araştırılması gereken yeni teknik zorluklara sebebiyet vermektedir (Mroue, Nasser & Hamrioui, 2018).

AŞ (Akıllı Şehirler), kentsel alanların bilgi elde etmek için kullanıldığı projelerin tanımıdır. Elde edilen bilgiler vatandaşların yaşam kalitesini etkileyebilir ve kamu kaynaklarının kullanımını optimize edebilir. Bu verileri elde etmenin etkili bir yolu IoT (Nesnelerin İnterneti) kullanılmasıdır. Bunu mümkün kılmak için, düşük güç tüketimi ile uzun mesafelerde iletişim kuran düşük maliyetli bir ağ altyapısı gereklidir. Bu sistemler ise kullanılabilir ağ seçeneklerini değerlendirirken mobil şebeke operatörleri ile sınırlıdır (Ferreira, Oliveira &S´a Silva ,2019).

4G gibi teknolojiler, ulaşılması zor gerçek noktalarda bulunan IoT Akıllı Şehirler uygulamalarında uygun olmayan güç tüketimine sahiptir. NB-IoT (Dar Bant Nesnelerin İnterneti) ve gelecekteki 5G ağları beklenen şebeke kapsama alanına ve güç tüketimi gereksinimlerine sahiptir. Ancak, bunlar tescilli ağlardır ve bazı ülkelerde, çok sayıda cihazla senaryo satın alma ve sürdürme ücretleri uygun değildir (Ferreira,2019).

Bu çalışmada insanların yaşam kalitesini etkileyebilecek ve kamu kaynaklarının kullanımını optimize edebilecek bir uygulama üzerinde durulmuştur (Ferreira, Oliveira &S´a Silva ,2019). Benzer yaklaşımlar su sayaç verilerinin doğru, düşük güç tüketimi ile uzun mesafe veri iletimi için uygulanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Üzerinde çalışılan konuyu ilgilendiren çalışmalar temel olarak aşağıda verilmiştir.

2.1. LPWAN Teknolojisi

LPWAN (Düşük Güç Geniş Alan Ağı), güç şebekesinde M2M iletişimi için uygun olan düşük bant genişliği, düşük güç tüketimi, uzun mesafe, kitle bağlantı noktası IoT uygulamaları için tasarlanmıştır. LPWAN haberleşme modülleri farklı sensörlerden gelen verileri alır ve verileri LPWAN üzerinden yazılım platformuna iletir. LPWAN'ın düşük güç tüketimi özelliği, bir iletişim modülünün pilini birkaç yıl normal çalışmasını destekleyebilir. Yazılım platformu, güç girdilerinin çeşitli uygulama senaryolarına uyum sağlamak için özel olarak geliştirilebilir. LPWAN teknolojileri iki ana türe ayrılabilir; bir tip lisanssız spektrumda (LoRa, SigFox gibi) çalışır ve diğer tip 3GPP tarafından desteklenen lisanslı spektrumda 2G / 3G / 4G hücresel şebekeye dayanır (NB-IoT gibi). LoRa ve NB-IoT, bu iki LPWAN türünün en yaygın teknolojileridir (Wang, Sui , Liao & Li ,2018).

Tüm bu teknolojilerin hedefi çeşitli ağlarda dağıtılmak ve mümkün olduğunca çok sayıda cihaz bağlanmaktır. Bununla birlikte, şartnameler ve uygulamalar nedeniyle, bu teknolojilerin her birinin kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır. Bu nedenle, farklı senaryolarda teknolojinin kullanışlılığını belirlemek için her birinin uygulamasını anlamak önemlidir (Pandey, 2018).

Piyasadaki şu anda mevcut çözümlere hızlı bir bakış, bize aşağıdaki analizi sağlar:

Yaygın olarak kullanılan kısa iletişim alanı teknolojileri (ör. BLE ve ZigBee), uzun iletim aralığı gereksinimi için uyarlanmamıştır (Wang,2018).

2.1.1. Wifi

IEEE tarafından kablosuz yerel ağlar için geliştirilmiş bir radyo iletişim standardı olan Wi-Fi olarak bilinen 802.11 standardı. Akıllı Şehir dijital altyapısı için önemli unsurlarından biridir. Hızlı ve kolay erişilebilirlik, hassas güvenlik yaklaşımı, yüksek servis kalitesi ve rahat kullanılabilirlik avantajları nedeniyle son kullanıcılar için oturmuş bir kullanım ortamı sağlamaktadır (Baloğlu & Karademiroğlu, 2019).

Yaygın olarak mevcuttur, ancak çok fazla enerji gerektirir ve paket yoğundur. Enerji, IoT cihazların bolca sahip olamayacağı bir şeydir ve uygulamadan uygulamaya değişiklik gösterse de, çok fazla paket göndermezler. Bir başka sınırlama, Wifi tarafından kullanılan modülasyon teknikleri ve yönlendiricilerin sınırlı cihaz işleme kapasitesidir (Pandey, 2018).

2.1.2. Bluetooth

Yine çok enerji yoğun bir çözüm ve ayrıca sınırlama aralığıdır. ZigBee düşük güç modülleri, Bluetooth'daki en iyi teknolojinin bir örneğidir, daha uzak mesafelerde ve düşük aktarma hızlarında, genellikle birkaç kilometre açık yolda iletirler (Pandey, 2018).

2.1.3. Dar Bant IoT (NB-IoT)

Hücresel telekomünikasyon bantları kullanılarak çok çeşitli cihaz ve servislerin bağlanmasını sağlamak için geliştirilmiş bir kablosuz haberleşme teknolojisidir. NB-IoT, 3GPP tarafından standartlaştırılan bir dizi mobil IoT altyapılarından biridir. Temelde, NB-IoT, Cat-M ile benzer bir amaca sahiptir, ancak özellikle modülasyon açısından farklı bir teknoloji kullanmaktadır. NB-IoT, GSM altyapısını kullanmaktadır. Özelleştirilmiş bir altyapı olduğundan maliyet yaklaşımları standart LTE maliyet yaklaşımlarından daha fazla olabilmektedir (Baloğlu, 2019).

2.1.4. Sigfox

Daha küçük boyutlu mesajları işlemek için hazırlanan hafif bir protokol olarak değerlendirilmektedir. Gönderilecek daha az veri, daha az enerji tüketimini tetikleyecektir ve dolayısıyla daha uzun batarya ömrü anlamına gelmektedir.

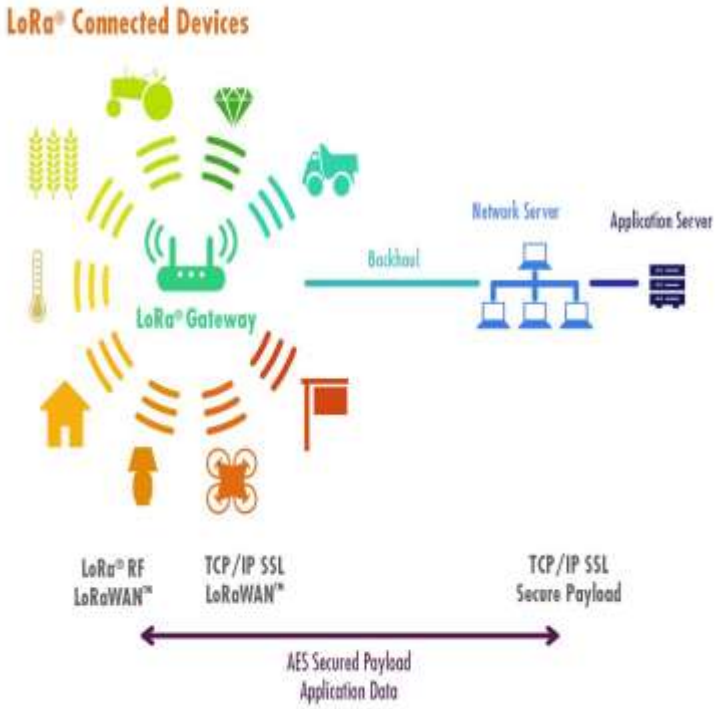
Sigfox Ultra Dar Bant modülasyonunu kullanarak mesaj değişimi yapmak için kamuya açık olan 200 kHz bandında çalışmaktadır. Her mesaj 100 Hz genişliğindedir ve bölgeye bağlı olarak saniyede 100 veya 600 bit hızlarında veri aktarım hızı elde edilmektedir. Bu nedenle, gürültüye karşı çok dayanıklıdır ve uzun mesafelerde iletim sağlanabilmektedir (Baloğlu, 2019).

2.1.5. LoRa (Long Range)

LoRa (Long Range), Uzun Menzilli Radyo anlamına gelir. LoRa, LoRa Alliance tarafından yönetilen bir açık standarttır, Semtech tarafından geliştirilmiştir (Pandey, 2018).

Lora Alliance oluşturulması 2015 yılında CES (Consumer Electronics Show)'de açıklanmıştır. Sigfox' a rekabeti amaçlayan bir konsorsiyumdur. LoRa teknolojisine dayanan bu Açık Kaynak (OS) açık sistemi, 2012 yılında Fransız şirketi Cycleo tarafından onaylanmıştır. Bugün, ittifak Bouygues Telecom, Actility ve Sagecomm gibi Fransız şirketler de dahil olmak üzere 127 üyeden oluşmaktadır. LoRa İttifakı, nesnelerin interneti iletişim dünyasının geleceğinden emin olan üyelerin açık, kâr amacı gütmeyen bir işbirliğidir (Mroue, Guillaume& Motta Cruz , 2017).

Uzun menzilli ve düşük güç iletişimi için tasarlanmış bir kablosuz protokoldür. LoRa bağlantı şeması Şekil 1' de verilmiştir. Lora, birçok uç noktaya sahip ve sadece Uplink gerektiren uygulamalar içindir. Birden çok erişim protokolü olmak, mesajları iletmek için yıldız topolojiyi takip eder. LoRa, akıllı nesneler arasında basit ve kusursuz bir birlikte çalışabilirlik sağlamak için hareketlilik, güvenli ve çift yönlü bir iletişim sağlar (Pandey, 2018).



Şekil 1. LoRa Bağlantı Şeması

Tipik çalışma frekansı Amerika Birleşik Devletleri'nde 915 MHz, Avrupa'da 868 MHz ve Asya'da 433 MHz'dir. LoRa'nın Fiziksel Katmanı (PHY) ileri hata düzeltmeli (FEC) benzersiz bir FM daraltılmış yayılı spektrum teknolojisi kullanmaktadır. Bu yayılı spektrum modülasyonu, her bir cihaza farklı cıvıltıları ve veri hızlarını kullandığı sürece aynı radyo bandını kullanma imkânı vermektedir. LoRa 1GHz'in altındaki izinsiz bir frekans bandında çalışmaktadır, bu nedenle uygulaması için ek bir ücret talep edilmemektedir (Ji & Yang , 2019).

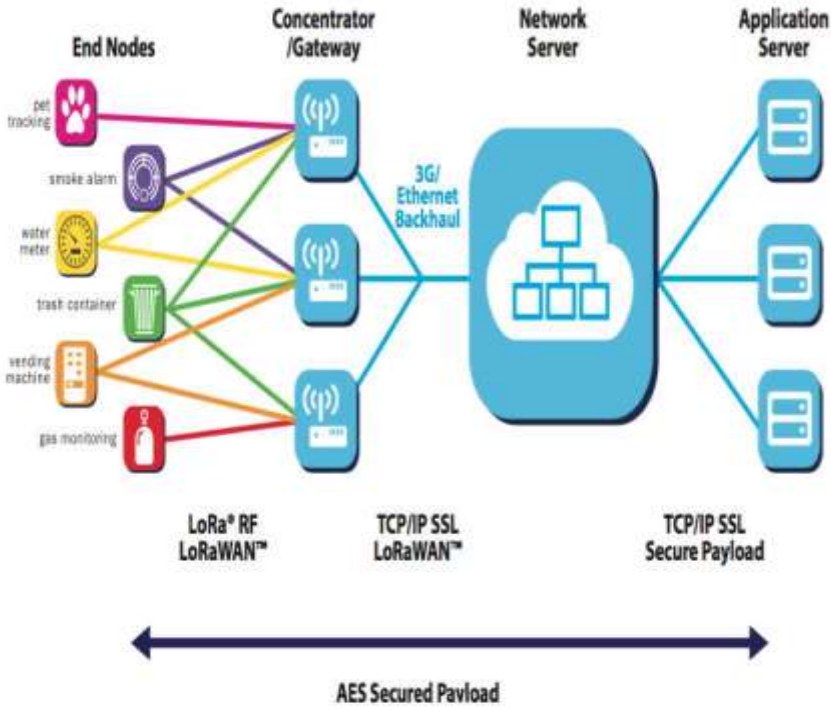
Misyonu, interneti (IoT), makineden makineye (M2M), akıllı şehir ve endüstriyel uygulamalara olanak sağlamak için dünya çapında dağıtılan ağları (LPWAN) standartlaştırmak olan endüstri liderleri tarafından başlatılmıştır. İttifak üyeleri tek bir açık küresel standart operatörler arasında birlikte çalışabilirliği sağlamak için bilgi ve deneyim paylaşımı ile Lora protokolü (LoraWan) global başarı işbirliği yapmaktadır (Mroue,2017).

2.1.5.1. LoRaWAN

LoraWan kablosuz bağlı nesneler (LPWAN) için bir ağ tanımlamasıdır. LoraWan güvenli iki yönlü iletişim, hareketlilik ve konum hizmetleri gibi nesnelerin ana İnternet gereksinimlerini hedefler. LoraWan tanımlaması, karmaşık yerel kurulumlara ihtiyaç duymadan akıllı nesneler arasında kusursuz bir birlikte çalışabilirlik sağlar ve kullanıcı, geliştirici ve kuruluşa IoT ağını kullanma özgürlüğü verir. Açık bir teknolojidir. Bu, herhangi bir şirketin kendi

LoRa ağını oluşturabilmesi ve daha sonra, ağ işlemi için gerekli yongaları ve ağ geçitlerini satın alarak bunu kullanabileceği anlamına gelir (Mroue,2017).

LoRa Alliance tarafından belirtilen LoRaWAN, LoRa ağları için iletişim protokolünü ve sistem mimarisini tanımlar. LoRa ağ mimarisi Şekil 2' de verilmiştir. Tamamlanan LoRa ağı öncelikle birkaç bileşenden oluşur; yani, LoRa düğümü ve LoRa Ağ Geçidi, LoRa ağ sunucusu ve LoRa uygulama sunucusu (Zhou, Zheng, Hou, Xing & Xu ,2019).

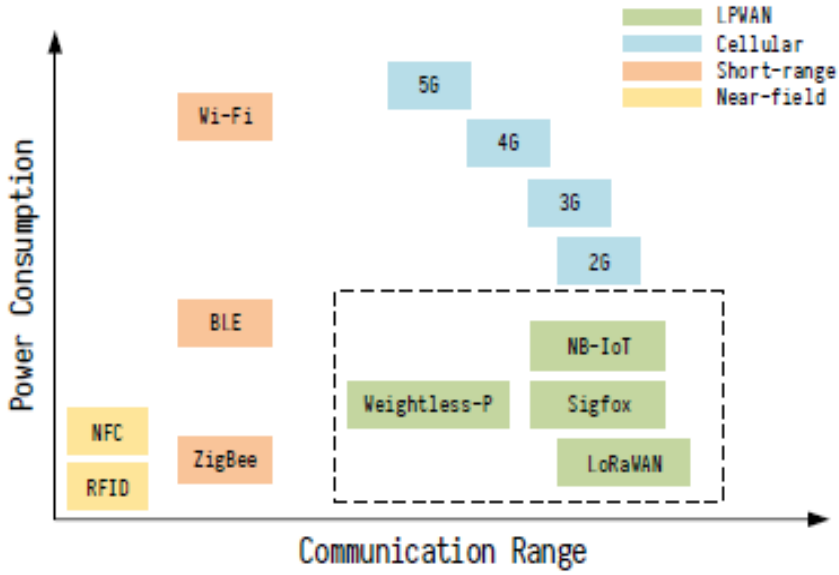


Şekil 2. LoRa Network Mimarisi

LoRa, LoraWan protokolünün yayılma spektrum modülasyonuna dayanan teknolojiye atfedilen atamadır. 3G ve 4G hücresel mobil ağları, IP (İnternet Protokolü) tarafından bilinen bir iletişim protokolüne dayanmakta olup, LoRa' nın kendisi de kendi LoraWan protokolüne dayanmaktadır. Kendi Lora ağını tasarlamasına ve pazarlamasına izin verilen herhangi bir şirket, bu teknolojiye erişilebilir (Açık Kaynak). Bunu kurmak için, bir WIFI, Ethernet veya 3G bağlantısı aracılığıyla veya 868 MHz frekansında yayın yapan bir baz istasyonu üzerinden (Avrupa'da kullanılan bant) Internet'e bağlı bir antene sahip olmak gerekir. Lora ağının kapsama kapasitesi, kırsal alanlarda yaklaşık 20 km ve kentsel alanlarda 2 km'ye kadardır. Akış oranı 0,3 ila 50 kbps arasında değişir ve bant genişliğini optimize etmek ve enerjinin mümkün olduğunca korunmasını

sağlamak için nesnelerin ihtiyacına göre mekanik olarak iletim gücüne uyum sağlar (Mroue,2017).

Çeşitli kablosuz teknolojiler arasındaki radyo güç tüketimi ve iletişim aralıkları bakımından karşılaştırmalar Şekil 3' te görülmektedir. LPWAN sinyallerinin uzun mesafelerde yayılma ve sivil altyapılara nüfuz etme kabiliyeti göz önüne alındığında, IoT nesnelerini uzun mesafelerde ve/veya iç ortamlarda yerelleştirmek için LPWAN sinyallerinden yararlanılması artan araştırma ilgilerini çekmiştir (Gu, Jiang & Tan, 2019).



Şekil 3. Çeşitli Telsizler İçin İletişim Aralığı Ve Güç Tüketimi.

A. LoRaWAN Sınıfları

Tüm LoRaWAN cihazları, A Sınıfı işlevselliği uygulamalıdır. Ayrıca Sınıf B veya Sınıf C olarak adlandırılan seçenekleri uygulayabilirler. Ancak her durumda, A Sınıfı ile uyumlu kalmaları gerekir (Şekil 4) (LoRaWAN™ 1.1 Specification,2017).

- A Sınıfı (Çift Yönlü Son Cihazlar)
- Sınıf B (programlanmış alma yuvalarına sahip çift yönlü son cihazlar)
- C Sınıfı (maksimum alma yuvalarına sahip çift yönlü son cihazlar)

Şekil 4. LoRaWan Sınıfları

B. LoRaWAN Avantajları

LoRAWAN' ın bazı önemli avantajları şunlardır:

- Düşük Güçlü sensörler ve kilometrelerce ölçülen geniş kapsama alanı.
- Ücretsiz (lisanssız) frekanslarda çalışır, teknolojiyi kullanmak için önceden lisans ücreti alınmaz.
- Düşük güç, cihazlar için uzun pil ömrü anlamına gelir. Sensör pillerinin ömrü 2–5 yıl arasında olabilir (Sınıf A ve Sınıf B).
- Tek LoRa Gateway cihazı binlerce uç cihaza veya düğüme bakmak için tasarlanmıştır.
- Basit mimarisi sayesinde dağıtımı kolaydır.
- Bu yaygın M2M / IOT uygulamalar için kullanılır.
- 12 bayt olan SigFox ile karşılaştırıldığında daha iyi taşıma kapasitesi (100 bayt).
- Açık: açık bir ittifak ve açık bir standart. Rakip SigFox'a kıyasla açık teknoloji.
- Maksimum günlük mesaj sayısında kısıtlama yoktur (140 / gün SigFox sınırlamasına kıyasla).
- LoRaWAN tescilli olmak yerine Açık bir yaklaşımla ittifak olma avantajına sahiptir (SigFox).
- Uzun menzilli akıllı şehir uygulamaları gibi çözümler sağlar.
- Düşük bant genişliği, daha az veri içeren ve / veya sabit olmayan veri iletimlerinde pratik IoT dağıtımları için idealdir.
- Düşük bağlantı maliyeti.
- Kablosuz, kurulumu kolay ve hızlı dağıtım.
- Güvenlik: AES şifrelemeli uygulama için ağ için bir güvenlik katmanı.

- Tamamen iki yönlü iletişim (Ram, 2018).

C. LoRaWAN Dezavantajları

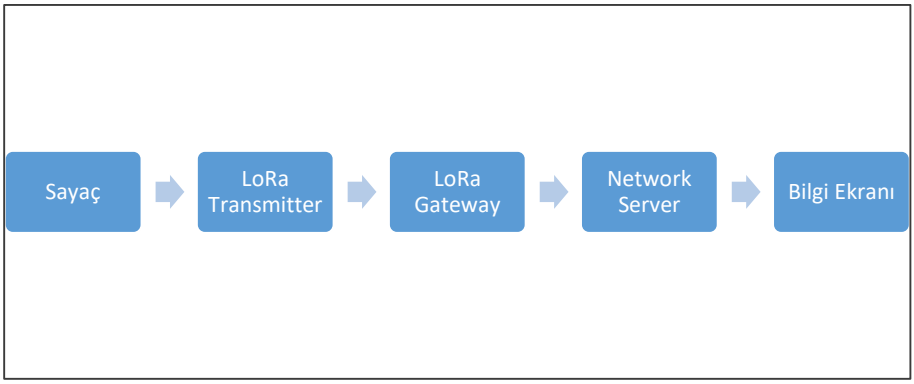
LoRAWAN' ın bazı önemli dezavantajları şunlardır:

- Büyük veri yükleri için değil, yük 100 bayt ile sınırlıdır.
- Sürekli izleme için uygun değildir (C Sınıfı cihazlar hariç).
- Düşük gecikme süresi ve sınırlı titreşim gereksinimleri gerektiren gerçek zamanlı uygulamalar için ideal bir aday değildir.
- LoRaWAN ağlarının yoğunlaştırılması, LPWAN teknolojilerinin ve özellikle LoRaWAN'ın yayılması, ağ geçitlerinin konuşlandırılmasının kentsel alanlara yayılmasıyla birlikte var olma zorlukları ortaya çıkarmaktadır.

Açık frekansın dezavantajı, bu frekansa parazitlenebileceğiniz ve veri hızının düşük olabileceğidir. (GSM veya lisanslı frekans için bu frekansı herhangi bir parazit olmadan iletebilirsiniz. Belirli frekansları kullanan GSM operatörleri, bu frekansların kullanımı için devlete büyük bir lisans ücreti öderler. Açık frekansların ülkeden ülkeye farklı olmasına rağmen LoRa, açık ve bir devlete ihtiyaç duymayan frekanslarda çalışır (Ram, 2018).

3. SAYAÇ VERİLERİNİN UZAKTAN İZLENMESİNİ SAĞLAYAN SİSTEM

Bu çalışmada su sayaç verilerinin iletilmesi amacı ile, düşük güç tüketimi ile uzun mesafe veri iletimi sağlayan ve gürültü bağışıklığı yüksek olan LoRa modüller kullanılmıştır. Su sayaçlarını okumak için klasik yöntem olan insan unsurunun kullanıldığı okuma personel verileri ile gerçekleştirilen sistemin kayıtlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen sistemin blok şeması Şekil 5' te görülmektedir.



Şekil 5. Sistem Blok Şeması

3.1. Sistemin Kurulması

Şekil 5' te blok şeması verilen gerçekleştirilen sistem sahada test edilmiştir. Çalışma için Ayaş ilçesi Akkaya mahallesi seçilmiştir. Resim 1'de sayaçlarda okuma işleminin yapıldığı bölge görülmektedir. Çalışmada 1 adet Gateway ve 63 adet LoRa özellikli su sayacı kullanılmıştır. Sistemde kullanılan Gateway Akkaya Köyü Camii minaresine konumlandırılmıştır. Sayaçların ise hanelere montajı yapılmıştır. Yaklaşık 1 km²'lik alandaki sayaçlarda okuma işlemi sağlanmıştır.

Resim 1. Sayaçlarda okuma işleminin yapıldığı bölge

3.2. Mesafe Ölçümleri

Mesafe ölçümlerinde yaklaşık 1 km² 'lik alanda okuma işlemi yapılmıştır (Resim 2).

Resim 2. Gateway ile en uç noktalardaki sayaçlar arası mesafe ölçümleri (Güneybatı yönü)

3.3. Okuma Ölçümleri

Tablo 1' de elde edilen okuma sonuçları verilmiştir.

Okuma Listesi						
Kurum	Abone No	Sayaç No	Sayaç Tipi	Tüketim (m3)	Personel Okuması	Kollektör
Aski	2695770	815225	TK_1C_VANASIZ_LORA	44,99	43	36028799703321756
Aski	2958833	815226	TK_1C_VANASIZ_LORA	122,20	116	36028799703321756
Aski	2958829	815227	TK_1C_VANASIZ_LORA	406,46	407	36028799703321756
Aski	2958861	815229	TK_1C_VANASIZ_LORA	350,81	272	36028799703321756
Aski	2958820	815230	TK_1C_VANASIZ_LORA	441,38	456	36028799703321756
Aski	2958852	815231	TK_1C_VANASIZ_LORA	130,05	110	36028799703321756
Aski	2958842	815232	TK_1C_VANASIZ_LORA	221,51	200	36028799703321756
Aski	2958886	815233	TK_1C_VANASIZ_LORA	335,91	290	36028799703321756
Aski	2958808	815234	TK_1C_VANASIZ_LORA	368,45	419	36028799703321756
Aski	2958828	815236	TK_1C_VANASIZ_LORA	163,89	143	36028799703321756
Aski	2958827	815237	TK_1C_VANASIZ_LORA	188,96	189	36028799703321756
Aski	2958836	815238	TK_1C_VANASIZ_LORA	383,72	384	36028799703321756
Aski	2695749	815239	TK_1C_VANASIZ_LORA	348,38	340	36028799703321756
Aski	2958804	815243	TK_1C_VANASIZ_LORA	245,36	224	36028799703321756
Aski	2958813	815260	TK_1C_VANASIZ_LORA	50,30	38	36028799703321756
Aski	2958847	815263	TK_1C_VANASIZ_LORA	70,47	66	36028799703321756
Aski	2958815	815264	TK_1C_VANASIZ_LORA	81,10	66	36028799703321756
Aski	2958869	815266	TK_1C_VANASIZ_LORA	136,07	136	36028799703321756
Aski	2958890	815267	TK_1C_VANASIZ_LORA	280,98	287	36028799703321756
Aski	2958889	815268	TK_1C_VANASIZ_LORA	39,64	39	36028799703321756
Aski	2958882	815269	TK_1C_VANASIZ_LORA	300,60	301	36028799703321756
Aski	2958855	815270	TK_1C_VANASIZ_LORA	146,37	146	36028799703321756
Aski	2958857	815271	TK_1C_VANASIZ_LORA	204,61	181	36028799703321756
Aski	2958844	815273	TK_1C_VANASIZ_LORA	548,67	549	36028799703321756
Aski	2958865	815274	TK_1C_VANASIZ_LORA	77,42	73	36028799703321756
Aski	2958822	815285	TK_1C_VANASIZ_LORA	509,35	510	36028799703321756
Aski	2958843	815287	TK_1C_VANASIZ_LORA	110,79	111	36028799703321756
Aski	2958845	815288	TK_1C_VANASIZ_LORA	257,58	258	36028799703321756
Aski	2958851	815289	TK_1C_VANASIZ_LORA	80,37	93	36028799703321756
Aski	2958840	815290	TK_1C_VANASIZ_LORA	94,56	95	36028799703321756
Aski	2695803	815292	TK_1C_VANASIZ_LORA	1.760,61	1756	36028799703321756
Aski	2958838	815293	TK_1C_VANASIZ_LORA	200,60	200	36028799703321756
Aski	2958821	815294	TK_1C_VANASIZ_LORA	271,75	254	36028799703321756
Aski	2958897	815295	TK_1C_VANASIZ_LORA	134,37	122	36028799703321756
Aski	2958824	815296	TK_1C_VANASIZ_LORA	111,02	105	36028799703321756
Aski	2958871	815297	TK_1C_VANASIZ_LORA	269,63	269	36028799703321756
Aski	2958883	815298	TK_1C_VANASIZ_LORA	224,11	224	36028799703321756
Aski	2958881	815299	TK_1C_VANASIZ_LORA	184,30	184	36028799703321756
Aski	2958875	815315	TK_1C_VANASIZ_LORA	208,02	148	36028799703321756
Aski	2958876	815316	TK_1C_VANASIZ_LORA	89,66	89	36028799703321756
Aski	2958863	815317	TK_1C_VANASIZ_LORA	194,51	195	36028799703321756
Aski	2958812	815318	TK_1C_VANASIZ_LORA	106,02	97	36028799703321756
Aski	2968523	815319	TK_1C_VANASIZ_LORA	86,20	83	36028799703321756
Aski	2958867	815325	TK_1C_VANASIZ_LORA	480,51	482	36028799703321756
Aski	2958839	815326	TK_1C_VANASIZ_LORA	174,87	175	36028799703321756
Aski	2958846	815327	TK_1C_VANASIZ_LORA	323,79	324	36028799703321756
Aski	2958834	815328	TK_1C_VANASIZ_LORA	302,37	303	36028799703321756
Aski	2958805	815329	TK_1C_VANASIZ_LORA	223,67	225	36028799703321756
Aski	2958880	815335	TK_1C_VANASIZ_LORA	19,44	19	36028799703321756
Aski	2958850	815337	TK_1C_VANASIZ_LORA	178,64	154	36028799703321756
Aski	2695814	815338	TK_1C_VANASIZ_LORA	21,33	21	36028799703321756
Aski	2958830	815345	TK_1C_VANASIZ_LORA	106,20	106	36028799703321756
Aski	2958866	815346	TK_1C_VANASIZ_LORA	76,92	68	36028799703321756
Aski	2958879	815347	TK_1C_VANASIZ_LORA	65,78	59	36028799703321756
Aski	2695675	815348	TK_1C_VANASIZ_LORA	131,48	71	36028799703321756
Aski	2958892	815349	TK_1C_VANASIZ_LORA	111,53	115	36028799703321756
Aski	2958832	815355	TK_1C_VANASIZ_LORA	17,76	15	36028799703321756
Aski	2958806	815356	TK_1C_VANASIZ_LORA	149,40	133	36028799703321756
Aski	2958807	815357	TK_1C_VANASIZ_LORA	112,79	107	36028799703321756
Aski	2695813	815366	TK_1C_VANASIZ_LORA	99,20	99	36028799703321756
Aski	2958894	815367	TK_1C_VANASIZ_LORA	269,69	270	36028799703321756
Aski	2695795	815368	TK_1C_VANASIZ_LORA	61,54	62	36028799703321756
Aski	2958888	815369	TK_1C_VANASIZ_LORA	306,92	307	36028799703321756

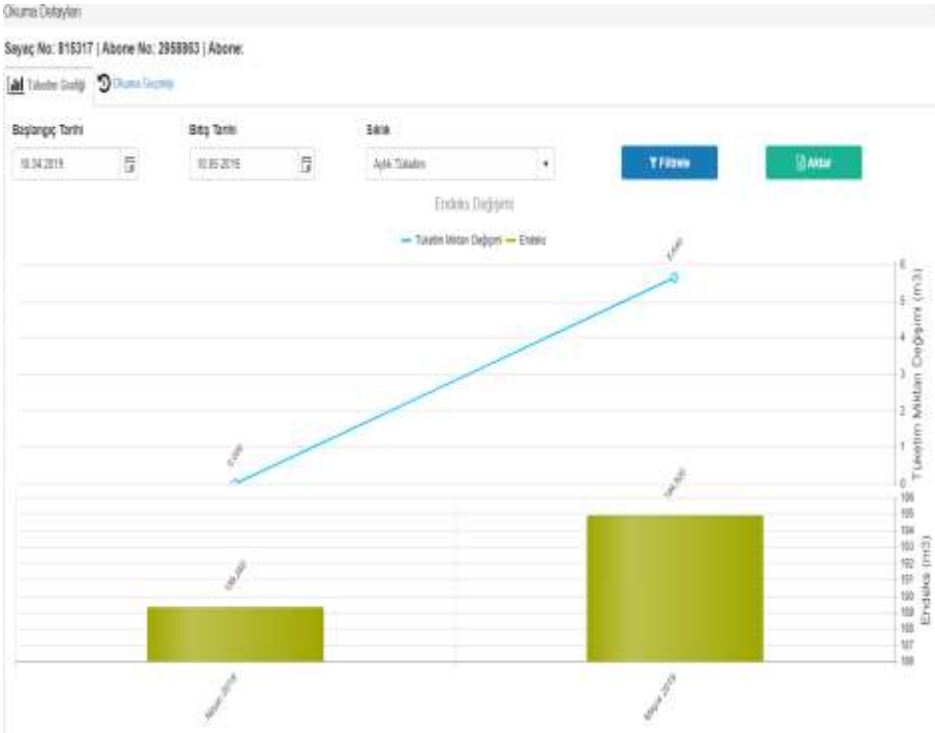
Tablo 1. Okuma Sonuçları

- Yapılan okuma işleminde beyaz renkli olanlar Ekiplerin okuma yapabildikleri okumalardır.
- Kırmızı renkle işaretli olanlar ekiplerin sayaç yerlerine ulaşamaması sonucu okuma işlemi yapılamayanlardır.
- Sarı renkli olanlar ise okuma hatası gözlemlenen işlemlerdir.

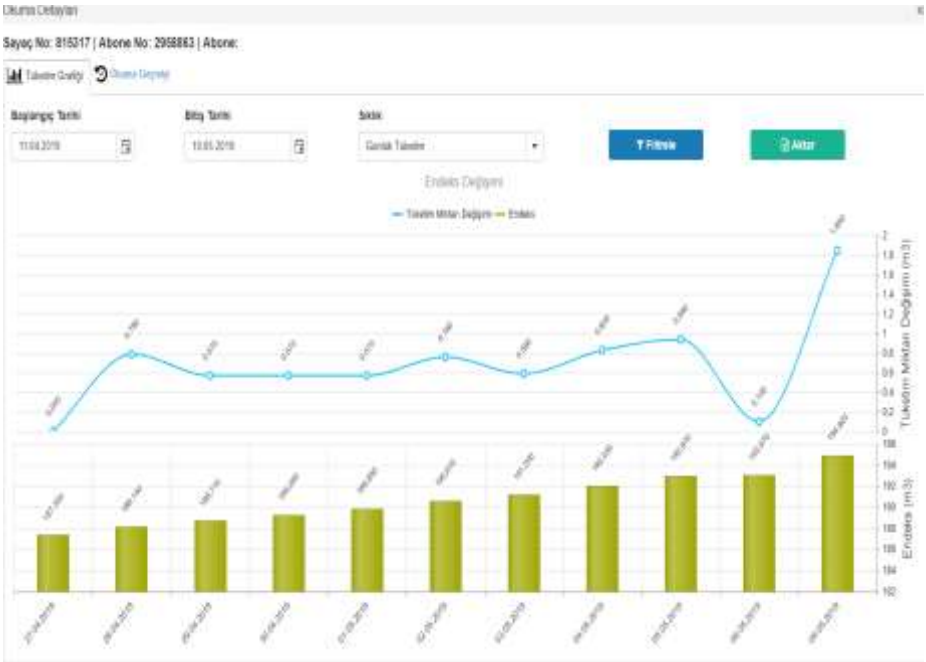
Analiz sonucuna göre LoRa özelliği kullanılarak yapılan okumalarda daha hassas okuma işlemi yapıldığı gözlemlenmiştir.

3.4. Bilgi Ekranı

Sayaçlarda yapılan örnek okuma grafikleri tarih aralığı olarak aylık ve günlük tüketim olmak üzere Şekil 6 ve Şekil 7’ de gösterilmiştir.



Şekil 6. Aylık abone bazlı tüketim grafiği



Şekil 7. Günlük abone bazlı tüketim grafiği.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada sistem ayarlanmasına saatlik okuma işlemi yapılabilmektedir. Okuma işlemleri istenilen periyoda göre ayarlanabilmektedir. Çalışmada sistem okuması ile personel okumaları karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma ile sistem üzerinden 63 sayacın tamamının okunması sağlanmıştır. Personel okumalarında ise çeşitli nedenlerden dolayı 26 sayacın okuması gerçekleştirilememiştir. 7 adet sayacın okunmasında insan hatası gözlemlenmiştir. Kalan 30 adet sayacın okunması gerçekleştirilmiş olup, ondalık küsuratlar yuvarlanarak işlem yapılmıştır. Bu şekilde yapılan okumalar ile yapılan kayıp-kaçak analizlerinde doğruluk oranları etkilenmektedir.

Gerekli altyapıların kurularak uzaktan okuma sistemlerinin kurulması ile Depolarda işlenen suyun ve abone tüketim kayıtları tutularak gerekli çalışmalar yapılması sağlanabilir. Böylelikle kayıp-kaçak oranlarının minimum seviyelere inmesi sağlanabilir.

KAYNAKLAR

1. Mroue H., Nasser A., Hamrioui S.- April 2018, MAC layer-based evaluation of IoT technologies:LoRa, SigFox and NB-IoT Conference Paper.

2. Ferreira C.M.S., R. Oliveira R. A., S´a Silva J.-Şubat 2019 Low-Energy Smart Cities network with LoRa and Bluetooth.

3. Wang H., Sui H., Liao X., Li J.- IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 322 (2018) Comparative Analysis of the Application of Different Low Power Wide Area Network Technologies in Power.

4. Pandey P. - April 2018-Comparative study of long range communications systems for IoT-Cellular, LoRA & Sigfox.

5. BALOĞLU A., KARADEMİROĞLU O. Mart 2019 - Akıllı Şehirlerde Kablosuz Haberleşme Teknolojileri ve Doğru Teknoloji Seçimi.

6. Mroue H., Guillaume A., Motta Cruz E., December 2017 - Evaluation of LPWAN Technology for Smart City.

7. Ji Y., Yang H.,- January 24, 2019-Comparation of LoRa and NB-IoT.

8. Zhou Q., Zheng K., Hou L., Xing J., Xu R. -Jan 2019-X-LoRa: An Open Source LPWA Network.

9. Gu C., Jiang L., Tan R. - Jan 2019-LoRa-Based Localization: Opportunities and Challenges.

10. LoRaWAN™ 1.1 Specification- Copyright © 2017 LoRa Alliance, Inc.

Ram P.,2018- LPWAN, LoRa, LoRaWAN and the Internet of Things PART I—Understanding the LPWAN, LoRa and LoRaWAN Technology

11. https://www.semtech.com/

12. https://lora-alliance.org/

13. https://medium.com/coinmonks/lpwan-lora-lorawan-and-the-internet-of-things-aed7d5975d5d

14. http://www.baylanwatermeters.com/tr/

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN ARAÇ İÇ ÜNİTELERİNİN HABERLEŞME PROTOTİPİNİN GELİŞTİRİLMESİ

İzzet Timur YARDIMCI *

Gazi Üniversitesi izztti@gmail.com

Prof.Dr. Kemal ERŞAN**

Gazi Üniversitesi kersan@gazi.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, ilk aşamada elektrikli araçlar başta olmak üzere ECU ile araç içi donanımların haberleşmesinin sağlandığı, seri haberleşme protokollerinden CANBUS, I2C ve TWI protokolleri ile ilgili uygulamaların araç içi haberleşmedeki rolleri incelenmiştir. Bu haberleşmelerin temel yapıları, tercih nedenleri hakkında temel bilgiler ve kullanılma nedenleri belirlenmiştir. İkinci aşamada da bu bilgilere dayanılarak prototip donanım kurulmuş, donanıma Matlab programından araç çevrim verileri girilmiş olup, TWI protokolü ile araç içi donanımlardan, araç hızı, batarya göstergesi ve gösterge paneline bu bilgiler yazılımları geliştirilen mikroişlemciler ile sistem kontrolü olarak yansıtılmıştır, Sonuçta MATLAB programında bu sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ile sistemin gelecekte daha gelişmiş çalışmaların yapılmasına temel yapı oluşturulmuştur.

Giriş

Günümüzde elektrikli araçlar da dahil olmak üzere, taşıtların istikrarlı bir şekilde çalışıp seyredebilmeleri için elektronik sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemler farklı görevleri yerine getirmelerine rağmen, ana bir işlemci tarafından denetlenmektedir. Bu sistemler aracın çalışmasında aktif veya pasif olarak görev almaktadır. Seyir halinde sürücüyü araç hakkında bilgi sahibi yapan yakıt seviyesi göstergesi, hız göstergesi ve park sensörü pasif olarak görev yaparken, sistemin çalışmasında tekerlek basınç sensörü, gaz pedal sensörü konum sensörü, lamda sensörü aktif olarak görev almaktadır(1,2,3,4,5,6,7).

Elektronik sistemler, birbirleri arasında haberleşirken farklı haberleşme protokolleri kullanırlar. TTL, seri haberleşme ve sensörler arası haberleşmelerde tek taraflı veya karşılıklı haberleşme kullanılırken, I2C, TWI, oneWire, CAN-BUS gibi BUS tipi haberleşmelerde ise birden fazla modülün aynı veri hattı ile karşılıklı haberleşmesi sağlanmaktadır(8).

Bu çalışmada çoğu endüstriyel otomasyon sistemlerinde de kullanılan BUS tipi haberleşme seçilmiş olup, otomotiv alanındaki hızlı bir gelişim gösteren elektrikli araçların gösterge panelinde prototip geliştirmede kullanılması amaçlanmıştır.

Bunun için hız göstergesi bir elektrik motorunun hızı tekerlek redüksiyon oranı dikkate alınmadan, depolanan elektrik enerjisinin gösterilmesi için, batarya şarj durum göstergesi pilot olarak seçilmiş ve prototipi gerçekleştirilerek bilgiler gösterge paneline yansıtılmıştır.

Otomotiv sektöründe, otomobilin iç donanımları arasında, asenkron haberleşme protokolü olan CAN-BUS tipi haberleşme protokolü kullanılmaktadır(9). Burada bütün sistemler, farklı hızlarda çalışabilmektedir. Önemli olan, haberleşme protokolünün başlangıcını ve bitişini belirleyen veri bitlerinin gönderilmesidir. Diğer donanımlar, gönderecekleri bilgileri öncelik seviyelerine göre, bir önceki verinin bitmesinden sonra BUS üzerine yüklemektedir ve gerekli donanımlar, kendileri için gerekli olan bilgileri BUS üzerinden, öncelik göstermeksizin alabilirler(10).

Gerek donanım sayısının az olması, gerekse haberleşme protokolü için ilave donanıma ihtiyaç duyulmamasından dolayı bu çalışmada senkron haberleşme protokollerinden olan I2C protokolü kullanılmıştır. Senkron haberleşme protokolünün kullanılmasının haricinde bu protokolde, öncelik sıralaması donanımlar tarafından belirlenmeyip, master olarak tanımlanan ana işlemci tarafından belirlenmektedir ve slave olarak tanımlanan donanımlar, kendi işlemlerini yerine getirirken, bilgilendirme alış-verişi işlemini master işlemciden gelen komutlar doğrultusunda yapmaktadır(11,12).

Materyal ve Metod

Bu çalışmada 3-4 farklı görev yerine getiren mikroişlemcilerin (aracın hızını temsilen gaz pedal konum sensörü, elektrikli araç pil şarj durumu, motor sürücüyü kontrol eden mikroişlemci, motor devri ölçen işlemci ve bluetooth haberleşmesini sağlayan mikroişlemci) araçtaki ECU'yu temsilen kullanılan ana (master) mikroişlemcisi ile aralarındaki haberleşme ve veri akışı örneklendirilmiştir. Sistemi kurarken amaç, sistemin ölçeklendirilebilir ve geliştirilebilir olmasının yanında, gerekli hesaplamaların da yapılabilmesi amacıyla belirli bir seviye belirlenirken, uluslar arası platformda bu amaçla kullanılan test standartlarının verileri de kullanılmıştır. Bu sebeple sistemde UDS kullanılarak çalışma yapılmıştır.

Sistemin kurulum aşamasında, geliştirilebilirlik ön planda tutulduğu için, her bir sistem eklenirken, ana sistemde bütün testler yapılarak sistemin kararlılığı denetlenmiştir. Bunun yanında sistemde herhangi bir modül farklı bir sistemle değiştirildiğinde, sistemin genel yapısında istenen herhangi ek özelli yok ise, sadece modülün değerlerinin değiştirilmesi sağlanarak sisteme uyumu sağlanıp sistemin komple senkronize çalışması sağlanmıştır.

Matlab Ortamının Ayarlanması

Sisteme ana girdi olarak araç hızı kullanılacağı için, testlerin kolaylığı açısından UDC verileri seçildi ve Matlab ortamına yüklendi.

Matlab PC ortamında çalıştığı için seri haberleşme protokolü seçilerek verilerin mikroişlemciye aktarılması sağlandı. Mikroişlemci olarak ATMEL tabanlı 328PU işlemcisi seçildi. İlk aşamada elektronik devre kuruldu ve gerek kurulum hataları gerekse zaman kaybını engellemek için bu tür işlemler için hazır üretilen Arduino platformu seçilerek gerekli yazılım 1 numaralı arduinoya yüklendi. Bu aşama, sürücü girdisi olarak gaz pedalı konumunu temsilen araç hız bilgileri belirli aralıklarla arduinoya gönderildi.

ECU işleminin mikroişlemciye yaptırılması

Gerek gerçek testlerde, gerekse uluslararası çalışmalarda istenen test sonuçları spesifiktir. Bu sebeple aracın ısısı, rüzgâr direnci vb. veriler her zaman göz ardı edilir. Bu sebeple (3-4) bilgi göz önünde bulundurarak ve bu amaçla en uygun işlemcileri seçilerek kullanılmıştır. Ana mikroişlemci olarak, 2560 kodlu mikroişlemcisi olan arduino MEGA modülü kullanılmıştır. Bu mikroişlemci sistemde çalışırken hız bilgilerini almaktadır ve 1. Mikroişlemciye bilgileri göndermektedir.

Motorun çalıştırılması

3.mikroişlemci belirlenen değerler doğrultusunda motor sürücü devresine çalışması için gerekli PWM bilgilerini göndermektedir. Motorun istenen hız değişimlerini yerine getirmesinden sonra, gerekli bağlantılar ve yazılımsal değişiklikler yapılarak hız bilgilerinin ana (Master) mikroişlemciye gönderilmesi sağlanmıştır. Bu arada, ana mikroişlemci üzerinde de 1. mikroişlemciden gelen hız bilgilerinin 3. mikroişlemciye aktarılması için gerekli değişiklikler yapılmıştır. Bu aşamadan sonra sadece 1. Mikroişlemci yazılım ve donanımında değişiklik yapılarak sistem, kullanıcı sürüş modunda çalıştırılabilir hale getirilebilmiştir.

Bu aşama sonunda motorun çalışması, bilgisayar tarafından kontrol edilebilir hale getirildi. Bu işlem 1 mikroişlemci ile yapılabilmesine rağmen, sisteme ilave bilgi giriş-çıkışı istenmesi durumunda sistem bu çalışmayı kaldıramayacağı görülmüştür.

Motor hız bilgilerinin alınması

Buraya kadar olan çalışmalarda, veri akışı tek taraflı yapılmaktadır. Sisteme geri bildirim sağlayabilmek ve grafik olarak bilgilerin değerlendirilmesi ve yansıtılması amacıyla motor hızının(devrinin) ölçülmesi sağlanmıştır.

Bu işlem için kızılötesi hız/devir sensörü kullanılmış, motorun belirli periyodda kaç tur döndüğü bu sensör ile ölçülmüştür. Aracın hızını burada etkileyen ana faktör motor hızı ile tekerlek arasındaki redüksiyon oranıdır. 3. Mikroişlemci ve 4. Mikroişlemciler arasında, birkaç test ve hesaplama yapıldıktan sonra uygun katsayılar belirlenerek sanal bir tekerlek yarıçapı oluşturulmuştur. Bunun sebebi,

sistemin geliştirilmesi aşamasında motor sürücüsü, motor veya tekerlekten herhangi biri veya birkaçı değiştirildiğinde, yapılan hesaplamalar tamamen değişeceği için bu çözümünyeni uygulamalarda kullanılmasını sağlamaktır.

Motor devri, mikroişlemci tarafından alınıp gerekli çarpanla çarpılarak anlık hız bilgileri bulunmuştur. Bu bilgi (Master) ana mikroişlemciye gönderilmiş ve ana mikroişlemciden de 1. Mikroişlemciye, oradan da Matlaba aktarılmıştır. Matlabda oluşturulan grafik sonucunda gönderilen hız ve geri bildirim sonucu gelen hız bilgileri karşılaştırılarak elde edilen bilgiler doğrultusunda gerekli değerlendirmeler yapılıp sistemin doğrulanması gerçekleştirilebilmektedir.

Sisteme Batarya Bilgilerinin Aktarılması

Bu aşamaya kadar olan çalışmalar, elektronik hız kontrolü yapılan bütün sistemlere uygulanabilir bir çalışmadır. Buradan sonraki aşamalar, sistemin batarya ile çalıştırılması zorunlu olan durumlarda, yani özellikle elektrikli araçlarda kullanılabilecek kısımdır.

Bunun için 2-3 Li-Po piller sistemin gerek duyacağı voltaj ve akıma uygun şekilde seri ve paralel bağlanarak motor sürücü beslemesi yapılmıştır. Sisteme uygun gerilim bölücü eklenerek 5. Mikroişlemciyle bataryaların anlık gerilimleri ölçülmüştür ve ana(Master) mikroişlemciye gönderilmiştir. Burada uygun yazılım düzenlemeleri ile 1. Mikroişlemciye oradan da Matlaba gönderilerek hız değişimleri esnasındaki voltaj değişiklikleri grafiğe aktarılmıştır. Bu şekilde sonuçlar gösterge paneline yansıtılarak bataryanın şarj durumu görsel hale getirilmiştir.

Gerekli Bilgilerin Farklı Ortamlara Aktarılması

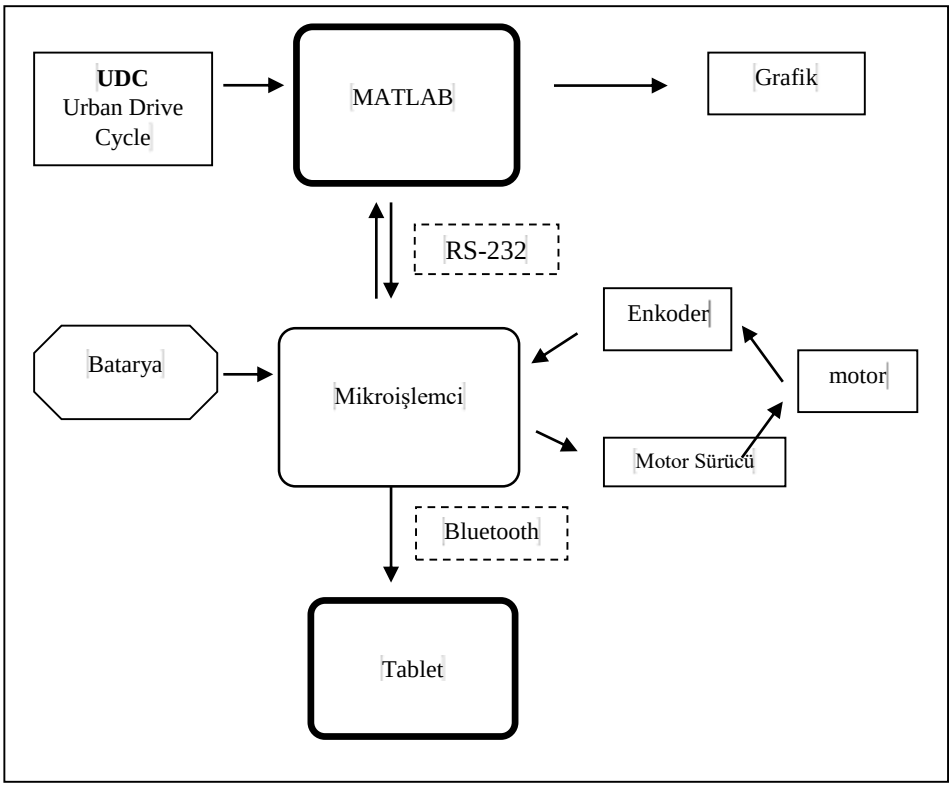
Buraya kadar sistemi çalıştırmak için yapılan çalışmalarda, sistem sabit bir bilgisayara bağlı kalması zorunlu olmuştur. Bu zorunluluğu ortadan kaldırmak ve sistem bilgisini anlık alınmasının gerekli olduğu durumlarda bu bilgilerin farklı şekillerde aktarılmasının sağlanabilmesi için gerekli ön çalışma da yapılmıştır.

Bu amaçla (Master) ana mikroişlemciden bilgiler 6. Mikroişlemciye aktarılmıştır. Bilgi akışının yeteri kadar hızlı olması ve çoğu cihazda veri alış-verişi mevcutta var olduğu için Bluetooth bağlantısı seçilmiştir. Günümüzde her telefonda artık standart bulunan Bluetooth sayesinde bu bilgiler seyir halindeyken dahi telefondan görüntülenip kaydedilmesi mümkündür. 6. Mikroişlemci ve (Master) ana mikroişlemci üzerinde bu amaçla gerekli değişiklikler yapıldıktan sonra, sistem uygun formata getirilmiştir.

Sistemin Çalıştırılması ve Sonuçların Değerlendirilmesi

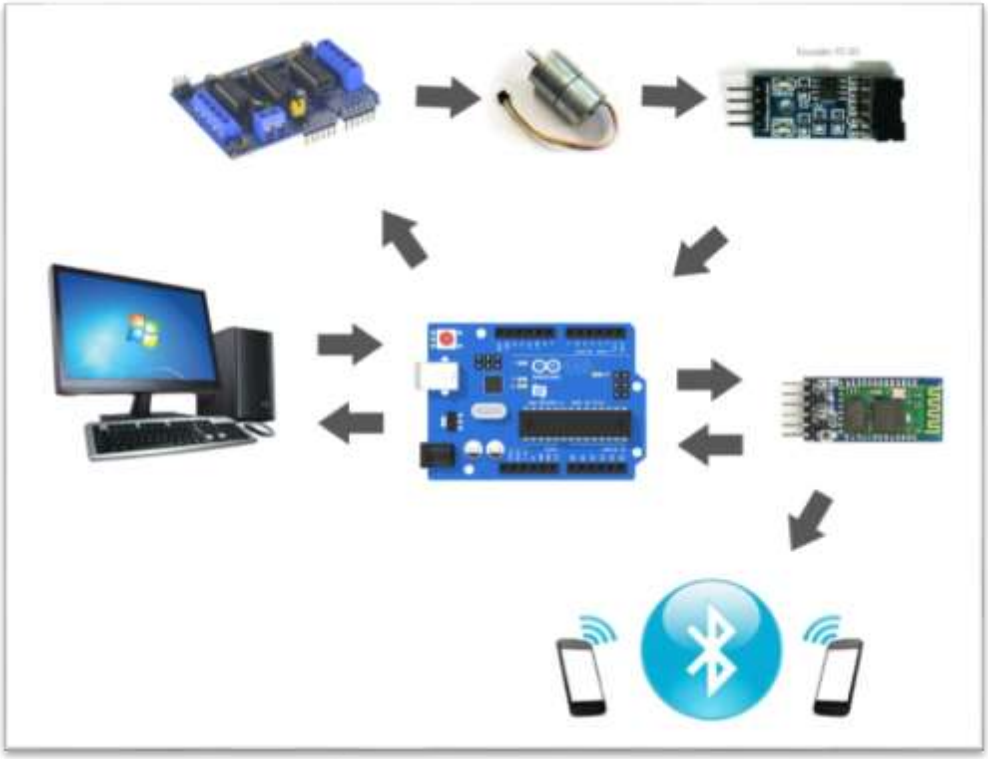
Sistemlerin karmaşıklıkları ne kadar fazla olursa olsun, ilk kurulum çalışmasında izlenen yol, sistemin kontrol edilebilirliği ön planda tutulduğunda, iyileştirme ve geliştirme aşamalarında sürdürülebilirlik açısından kolaylık sağlamaktadır.

Yapılan bu çalışmada sadece bilgisayar kullanılarak sistemin kurulması yapılabilmesine rağmen, bu kontrolcünün arıza yapması durumunda sistemin genelinin çalışmaması riski bulunmaktadır. Görevlerin bölünmesiyle hem sistemin genel arızaya geçmesi engellenmiş olup hem de daha sonraki geliştirmelerde değişiklik sayısı aza indirilmiş olduğu görülmüştür.



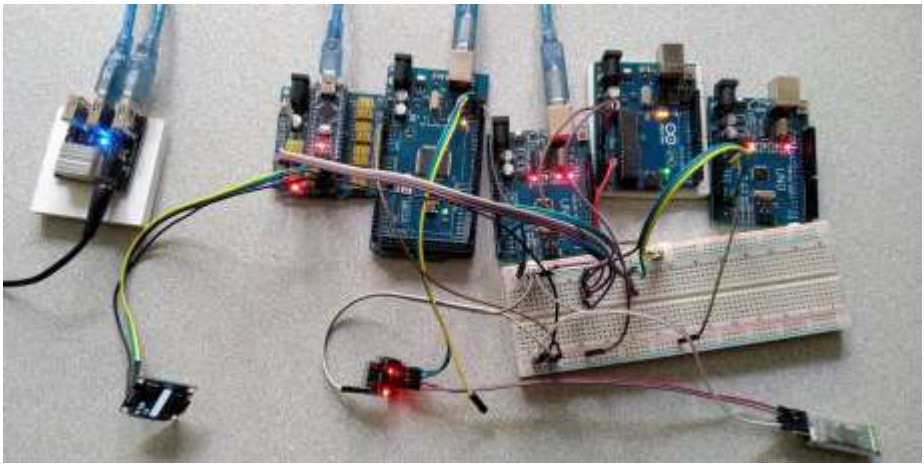
Şekil-1 Prototipin modeli

Şekli yukarda verilen prototip modeli ve prototip gösterge sistemi ile bir elektrikli taşıtın, taşıt hızı, elektrik motoru hızı ölçülüp, tekerleğe kadar olan redüksiyon oranı da düşünülerek belirlenebilmektedir. Şehir çevrimi kullanılarak bilgisayardan matlabtan aktarılan hız bilgileri ile motor hızı değiştirilebilmekte ve bu motor hızı sensör yardımıyla okunarak ekrana geri yansıtılıp giriş verisi ile karşılaştırılabilmektedir. Böylece sistemin çalışması doğrulanmakta, gelecek çalışmalarda sistemin geliştirilerek elektrikli taşıtların simülasyon programı ile elde edilen verileri ile sistemin kontrolünün yapılabileceği görülmüştür.



Şekil-2 Modelin gerçek elemanlarla kurulumu.

Bunun yanında elektrik motorunun veya diğer elektrik sarf eden alıcıların elektrik kaynağı bataryadan harcadıkları enerji sonucu batarya şarj durumunda da görüntülü belirlenebilmektedir. Tüm bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi yukarda verilen modelin gerçek donanımlarla kurulması sonucu sağlanabilmiştir. Kurulumu yapılan elektronik sistemin komple kurulu şekli ve elemanları resim1 ve şekil 2'de verilmiştir



Resim-1 Sistemin çalışır durumdaki genel hali

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, elektrikli araçlar için güç yönetim sistemi ve görüntülü olarak bir panele aktarım için prototip geliştirilmesini amaçlamıştır.

Sistem kurulurken, sistemde ayrı parçalar halinde kurularak ortak çalışmayı sağlamak için bir master mikroişlemci kullanılmıştır. Böylece kablo karmaşasından kurtulunmuş, yazılımlar basitleştirilmiş, mikroişlemcilerin kendilerine göre giriş çıkış pinleri olmasına rağmen, sistem ayrı parçalarla kurulduğunda bu sayıları arttırmak mümkün olmuştur. Ayrıca farklı özellikteki daha basit mikroişlemcileri uygun yerde kullanarak bütün mikroişlemcilerin görev yükü azaltılmış ve maliyet de düşürülmüştür.

Kurulan gösterge paneli geliştirmeye uygun olduğu görülmüştür. Elektrikli taşıtlarda simülasyon sonucu elde edilen verilerin, simülasyon algoritmasına uygun olarak kurulan elektronik donanımda kontrol amaçlı kullanılabileceği ve sistemin kontrol edilebileceği belirlenmiştir.

Bu sistem bir sonraki aşamada elektrikli taşıt için yapılan simülasyon programları ile birleştirilerek gelişmiş bir elektronik donanım ile geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

1. Cadex Electronics Inc. (2019, 6 18). *https://batteryuniversity.com/learn/article/electric_vehicle_ev* https://batteryuniversity.com/: https://batteryuniversity.com/ adresinden alındı

2. MARTINO, R. D. (2012). *otomobilin dinamik davranışlarının simülasyonu ve modellenmesi(Modelling and simulation of the dynamic behaviour of the automobile).* Mulhouse: Haute Alsace üniversitesi.

3. AYAS, F. Y. (2015, temmuz). İnsansız. *mekatronik*, s. 29-32.

4. UĞUR, E. (2011). *Prototip Bir Elektrikli Araç Üzerine Enerji Yönetim Sisteminin Uygulanması.* İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

5. SARIKURT, T., & BALIKÇI, A. (2017). Tam elektrikli araçlar için özgün bir enerji yönetim sistemi uygulaması. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 323-333.

6. MURATOĞLU, Y. (2017). *Elektrikli Araçlarda Kullanılan Lityum İyon Pillerin Şarj Durumlarının Kokusuz Kalman Filtresi il Kestirilmesi.* Mersin: Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

7. MARKEL, G. (2013). *https://www.underhoodservice.com/servicing-wheel-bearings-and-wheel-speed-sensors/*. www.underhoodservice.com:https://www.underhoodservice.com/wp-content/uploads/Articles/03_01_2009/1145100chartjpg_00000064878.jpg adresinden alındı.

8. UZUN, H. İ., & AYAN, A. Ö. (2015). *Renk Okuyucu Robot.* Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.

9. ÜNALMIŞ, B. (2015, temmuz). Endüstriyel. *mekatronik*, s. 19.

10. ÖZDEMİR, A. (2014). Asansör Haberleşme Sistemlerinde Canbus Hatatolerans Modu Kullanımı. *2014* (s. 289-294). izmir: TMMOB Makina Mühendisleri Odası İzmir Şube ve Elektrik Mühendisleri Odası birlikteliği.

11. TOPSAKAL, M., YILMAZ, E., & TAYFUR, Y. (2016). *Quadcopter Uçuş Kontrolcüsünün Tasarlanması.* trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.

12. SAN, S. (2015, temmuz). PIC ile USB. *mekatronik*, s. 33-39.

ENDÜSTRİYEL ATIK MALZEMELERİN ZEMİN İYİLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Hasan SÖYLEMEZ* & Bekir BALCI**

Oğuzhan Yavuz BAYRAKTAR***

1. Giriş

Yer kabuğundaki kaya parçalarının birbirlerinden ayrılmasıyla birlikte "Zeminler" oluşmaktadır. Bir diğer ifade ile üzerine gelen yapı yüklerini kendi yapısına zarar vermeden, güvenli olarak taşıyıp kendinden aşağıda bulunan katmanlara belli bir intizam içerisinde ileten zeminlerden bahsedilmektedir [1].

Zemini oluşturan materyal temel iskeleti, materyallerin biçimine ve boyutlarına bağlı olan sürtünmeye karşı gösterdiği direnç ile mekanik kuvvetlere karşı dayanım gösterir. Bu direnç ile beraber gelen yükleri taşıyamadığında çeşitli yöntemlerde stabilizasyon yapılması gerekir. Genellikle baraj, havaalanı, yol, toprak dolgu inşaatlarında sıklıkla görülen bu problemler stabilizasyon yapılarak çözümlenir [2].

Varlığımızı sürdürdüğümüz dünyanın birçok ülkesinde çevre sorunlarına yönelik çözüm için araştırmalar ve çalışmalar yapılıyor. Ve halen de yapılmaktadır. Son zamanlardaki endüstriyel genişlemenin neticesinde hızla artan tüketim mekanizmaları, ham madde kaynaklarının çok hızlı bir şekilde tükenmesine sebebiyet vermektedir.Kapsamlı bir şekilde incelendiğinde atıklar, çevre kirliliği açısından tehlikeli boyutlara ulaşmadan önlem alınması gereken konuların başında gelmektedir [3].

Genel anlamda bütün ülkeler ve uluslarası organizasyonlar yeni kanunlarla bu zararı en aza indirgemek, atıkların geri dönüşümü yapılarak kullanılmasını amaçlamak için çalışmaktadır.

---

*(Yüksek Lisans Öğrencisi); Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye. E-mail: hasansoylemez89@gmail.com
**(Yüksek Lisans Öğrencisi); Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye. E-mail: bkrblci@gmail.com
***(Dr. Öğr. Üyesi); Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi/İnşaat Mühendisliği, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye. E-mail: obayraktar@kastamonu.edu.tr

Ne yazık ki, sürekli gelişen teknolojinin varlığı olmasına karşın çoğunlukla tüm atık türlerinin tekrar kullanılması, kimyasal ve ekonomik olarak mümkün gözükmemektedir [4].

Yapılan çalışmalara baktığımız vakit atıkların yeniden, değerlendirilmesinin gerekliliği ve önemi incelenmiştir. Atıkların geri dönüşümü, sınırlı olan hammadde kaynaklarının kullanımını optimize ederek doğanın katledilmesinin önüne geçmek ve atık biriktirmesi sonucu meydana gelecek doğal dengenin bozulması ile ilgili problemleri mümkün olan en iyi duruma getirip azaltmaktır [5]. İnsan oğlunun yaşam döngüsünün başladığı andan itibaren devam eden kullanım dışı atık olarak meydana çıkan materyallerin geri dönüşüm hususunda çalışmalar devam etmektedir. Bu planlamalarda atıkların kullanılabilecek yeni üretim yöntemlerinin elde edilmesi ve ilave katkı maddesi olarak kullanılması amaç edilmektedir [6].

Çoğunlukla araştırmacılar endüstriyel ve endüstriyel olmayan, işe yarar çeşitli atıkların yol tabakalarında ve zemin iyileştirme çalışmalarında kullanılabilir olduğunu deneylerle ortaya koymuşlardır. Bu yapılan çalışmadaki yazıda da bu konuları geniş perspektiften ele alarak daha iyi bir şekilde anlatılması hedeflenmiştir [7]. Bulunduğumuz yüzyılda kullanılan ve sürekli gelişen yüksek teknoloji sayesinde, atık olarak meydana gelen tüm endüstriyel atık materyallerin önceki senelerde olduğu gibi gözden uzak bölgelerde korunması durumuna ihtiyaç duyulmadığı, bu atık materyallerin belirli ünitelerde depolanarak dışarı atılması veya geri kazanım yapılarak tekrar tekrar kullanılması mümkün olduğu görülmektedir [8].

Bu teknolojik gelişmeler Türkiye'de de son yıllarda atık materyallerin geri kazanım mekanizması konusunda dikkat çeken araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalarla birlikte odaklanılması gereken konu atık materyallerin hangi amaçla kullanılabilir olduğunu belirlemek ve tekrar tekrar geri kazanım mekanizmasına nasıl dahil edileceğini incelemektir [9]. Endüstriyel alanda, hizmet ve üretim çalışmaları yapıldıktan sonra ve bunun sonucunda oluşan, ev ortamında herkesin kullandığı ürünlerden geriye kalan atık maddeler meydana geliyor ve bu atık materyaller hangi temelden (kaynaktan) oluşuyorsa sınıflandırma da bu şekilde yapılıyor. Atıkların meydana geldiği mekanlara göre, endüstriyel, evsel, ticari atıklar olarak üçe ayrılır.

Bu çalışmada, bir bakıma zemin mekaniği açısından sorun da teşkil eden zeminlerin iyileştirilebilmesi için kullanılan endüstriyel atık malzemelerin etkenleri, bu atık malzemelerin geri kazanım noktasındaki verimlilikleri ve hangi sanayi atıklarının ne tür zeminlerde kullanılabileceği konusunda bir araştırma yapılmıştır [10,11].

2. Endüstriyel Atık Malzemeler

Endüstriyel atıklar, geri kazanım mekanizmasına katılımı düşük olduğu ve

önemsenmediğinden dolayı bulunduğumuz yüzyılda en büyük problemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun önüne geçebilmek için izlenilmesi gereken birçok yöntem mevcuttur. (Endüstriyel atıklar imha edilmeli, yeniden kullanılabilir hale gelmeli, geri kazandırılabilir olmalı ya da tekrar tekrar dönüştürme işlemleri yapılıp üretim mekanizmalarına dahil edilmelidir) [12].

2.1. Atık Materyallerin Yönetimi Ve Katı Atık Azaltma Yöntemleri

Atık Yönetimi geri kazanım mekanizmasının en önemli aşamalarından biri olmaktadır. Endüstriyel, tıbbi, zararlı ve zararsız atık materyallerin, merkezlerinde türlerine göre ayrıştırılarak depolanması, uygun sistemlerin seçilip aktarma mekanızmalarının oluşturulması, atık materyallerin bir yerden bir yere aktarılması, üretime tekrardan dahil edilmesi, imha edimesi, geri dönüşüm ve imha sistemleri ile bu sistemlerin işletme ömürlerinin dolduğu zaman sonlandırılması, kapatma sonrası bakım, izleme-kontrol süreçlerini içeren çeşitli otonam sistemlerin yer aldığı bir yönetim biçimidir [13]. Endüstrilerde oluşacak atıkların, oluşum aşamaları ve atık türleri olarak 3 farklı başlık altında aşağıda belirtilmiştir. Bu kapsamda anlatılmak istenen şey endüstriyel katı atıklardan geri kazanım yollarıyla meydana gelen malzemelerdir.

Endüstriyel atık materyallerin zemin iyileştirilmesinde kullanım yöntemi ise; İnşaat sektöründe giderek kullanımı yaygınlaşan mermer atıklarıdır. Mermer üretimi sonucu oluşan mermer parçalarının mermer ocaklarından çıkarılması, fabrikalarda işlenip daha sonra atölye bölümlerinde meydana gelen v mermerin üretim aşamalarından arta kalan bütün mermer parçaları ve muadilleri mermer atık maddeleri olarak kabul edilmektedir [14].

Bulunduğumuz yüzyılda gelişen sanayi ve teknoloji sayesinde atık maddelerin kullanım alanları genişlemiştir.Bu alanlara baktığımız zaman atık maddeler katkı mazlemesi olarak sektörlerin çoğunda kullanılmaktadır.Örneğin: Kireçle kararlılığı sağlanmış ince daneli zeminler, daha düşük plastisitiye ve daha iyi işlenebilirliğe sahip olacak şekline getirilebilmektedir.Mermerin kimyasal yapısının bileşiminin kireçle benzerlik göstermesi ve mermer tozu danelerinin çok küçük boyutta olması, ince taneli zeminlerin iyileştirilmesi için kireç yerine mermer tozunun kullanılabileceğini göstermektedir [15].

Mermer tozu; Seramik sektöründe, Kireç üretiminde, yem boya ve kağıt sanayisinde, demiryolu zemin malzemesinde gibi amaçlarla kullanılabilmektedir.

3. Endüstriyel Atık Malzemeleri

3.1. Yüksek Fırın Cürufu

Yüksek fırın cüruflarının da zemin iyileştirilmesindeki durumuna baktığımızda; Cüruflar, demiryolu balastlarında, yol kaplamalarında, çimento sanayisinde, beton agregasında, toprağın fiziksel spesiyalitelerine olumlu etki etmektedir. İzolasyon ürünlerindede cüruf yünü olarak karşımıza çıkmaktadır. Cüruflar yol

yapımının bir çok aşamasında farklı materyalerlere beraber kullanılabilir.Bitümlü sıcak karışımlarda agrega olarak, granüler temel ve alt temel tabakalarında ve taban zemini stabilizasyonunda kullanılmaktadırlar.Beton yollarda da portland çimentoya katkı olarak ilave edilerek granüler yüksek fırın cürufu olarak kullanılabilmektedir. Köşeli olması ve yüksek su emme özellikleri bitümlü karışımlarda bağlayıcı ihtiyacını arttırmaktadır [16].

3.2. Çelikhane Cürufu

Günümüzde temel inşaatlarına bakıldığı zaman yüksek fırın cürufu ile beraber çelikhane cürufununda kullanıldığını görürüz. Çeliğin üretim aşamalarında endüstriyel atık yan ürün olarak meydana gelen çelikhane cürufu diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizdede belirli alanlarda kullanıldığını görmekteyiz. $CaCO_3$ içerikli çelikhane cürufu çoğu ülke de beton ve asfalt özelliklerini iyileştirmek ve dayanımlarını artırmak için katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.Ülkemizde çelikhane cürufunun büyük bir kısmı Erdemir demir çelik üretim merkezinde yapılamaktadır. Yılda ortalama 300 bin ton civarında çelikhane cürufu yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır [17]. Genel olarak çelikhane cürufu bir atık malzeme olarak Türkiye'de halen kullanılmaktadır. Taban kısmında dolgu malzemesi olarak granule cüruf, çelikhane cürufu ve uçucu külün oluşturduğu birleşimin kullanılmasıyla üstün performans değerleri gözlemlenmektedir.

Geri dönüştürebilirlik konusunda Çelikhane Cürufları, yüksek kalitede ürün(düşük fosforlu çelikler) talebinin artması nedeniyle çelik üretimi cüruflarının geri dönüşüm oranı azalmaktadır. Çelik üretim cürufunun yol yapımında kullanılması da Amerika'da düşmüştür (10 sene evvel yüzde 30). Bunun nedeni cürufla mevcut olan serbest Kalsiyum Oksit (CaO)'in hidratlanması, böylece şişme göstermesi ve yol bozukluklarına neden olmasıdır [18].

3.3. Hurda Lastikler

Diğer bir Endüstriyel atık malzemesi olan hurda lastiklerden bahsedecek olursak, 2008 yılında yapılan araştırma ve deneyler sonucunda ülkemizde yaklaşık olarak 16,000,000 motorlu taşıt bulunmaktadır. Taşıtlardan her yıl 10 milyon adet civarı lastik hurda olarak atılmaktadır. Yapılan araştırmalara baktığımızda bir lastiğin 10 kg civarı geldiğini kabul edersek, senede 100 bin ton lastiğin hurdaya çıktığı görülmektedir. Bu rakamlar nüfüs artışı ve insanların konfora olan düşkünkükleri artıkça katlanarak daha da artmaktadır.

Bu sonuçlar ülkemizi büyük bir hurda lastik parkı haline getirmiştir. Bu durum hem çevre için hemde bizim için büyük bir tehdit haline gelmiştir. Bu hurdaya atılan lastikler bir girişimcinin dikkatini çekmiş olup hükümetin de desteklediği yatırımlar ile çok büyük bir sektör haline gelmiştir. Karşılıklı kazanç sağlayan bu sektörde hem lastiği toplayanın hem de işleyenin çok kazandığı hemde atık mazlemelerin üretim mekanizmasına tekrardan kazandırılarak hem

maddi hem manevi kazanç sağlandığı görülmüşür. Çünkü atık lastiğin tonu kalitesine göre, 150 dolara kadar alıcı bulurken, işleyici firmalar ise hurda lastiği halı sahalardan oyun parkalarına kadar her yerde kullanılabilir hale getiriyor [19].

Lastik, çeşitli proseslerden geçerek belirlelen sürede, sıcaklıkta ve basınç altında özel fırınlarda pişirilmiş olan kauçuktan elde edilen hava yastığıdır. Birleşimi incelendği vakit karbon siyahı, kord bezi, elastomerler, kimyasal maddeler, yağlar ve daha birçok kimyasal maddelerin bir araya gelerek reaksiyon vermesi sonucu oluşmaktadır [20]. Yüksek mukavemeti ve yüksek moleküler yapılı polimerlerin br araya gelmesiyle doğal ve sentetik çeşitli proseslerden geçen kauçuklardan meydana gelen lastiklerin kullanım sürelerini bitirmeleri ile doğada zor yok olan hurdaya çıkmış lastikler oluşmaktadır [21].

Bütün halde çeşitli aşamalardan geçen atık lastikler birbirleri ile birleşerek yüksek olmayan istinat duvarının yapımında erozyona (toprak kaymasına)önlemek maksadıya birleştirici olarak kullanılmaktadır. Hurdaya çıkan atık lastikler öğütülerek akabinde yonga haline getirerek yol tabanının zeminine hafif dolgu malzemesi olarak, boyutları küçültülerek ve parçalanarak asfalt beton yol kaplamalarına ince agrega olarak kullanılmaktadır [22].

İnşaat sektörünü ele aldığımızı varsayarsak çatı yalıtım mazlemeri ve çatı alt kaplama materyalleri üretiminde hurda lastiklerden elde edilen kauçuk kullanılır. Teknoloji ilerledikçe tekrar tekrar kullanılabilen elastomer ve polimerlerin çeşitli granül ve saf materyalleri içeren kompozitleri karşımıza çıkmaktadır. Hurda lastiklerin geri dönüşüm mekanizmasına dahil edilerek tekrar üretimi sonucu elde edilen ürünler havadaki nem oranına dayanıklı ve tutuculuğu az olup güneşten gelen ultraviyole ışınlarına karşı dayanımları çok iyidir. Daha birçok sektörde birçok ürün üretiminde geri dönüşümlü kavuçuk kullanılmaktadır.(Yer karolarında, halılarda ve altlıklarında) Ürünler incelendiği vakit esneklik katsayılarının yüksek olduğu, suya karşı geçirimsiz olup, ses işlemesini kısıtlandırılabildiği ve birçok kimyasala karşı (solvent, asit, yağ vb.) mukavemet gösterdiklerinden dolayı çeşitli sektörlerde, sağlık ve araştırma tesisleri, spor ve kongre merkezleri bu döşemelerden kullanmaktadır. Bakım maliyetinin düşük ve durabiliteleri yüksektir. Yeni kullanım alanları hava alanları ve tren istasyonları, yaya ve oturma alanlarını içerir [23].

3.4. Uçucu Kül

Termik santral uçucu külleri; yollarda dolgu malzemesi olarak, stabilizeyi sağlamak için alt temel ile temel tabakalarında kireç yada çimentoyla birlikte, asfalt kaplamalarda mineral filler olarak, dış kaplamalarda ise betonun fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmek için katkı malzemesi olarak kullanılar endüstrüyel bir atıktır.Endüstriyel atık olarak karşımıza çıkan uçuçu kü, bitümlü birleşimlerde uzun zamandır mineral filler olarak kullanıldığınını görürüz.Sıkıştırılabilme özelliğine sahip olduğundan dolayı uçucu küller, zeminler üzerinde etkili bir dolgu malzemesi olarak kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır.Bu özelliğe sahip olduğundan dolayı yerleştirme sırasında

meydana gelebilecek deformasyonlar en aza indirgenebilecektir [24].

Uçucu küller agrega danelerinin aralarına girerek onların birbirine bağlanma kabiliyetini artırır.Uçucu küllerin dane boyutları çok küçük olduğundan dolayı agregalar arası boşluğu en aza indirirler. Uçucu Küller beton kalitesini ve özelliklerini ya çimento ile birlikte doğrudan betona katılarak ya da betonda direk olarak kum yerine kullanılabilirler. Çimento üretim aşamalarında klinkere eklenip inceltilerek uçucu küllü çimento olarak da kullanımaktadır.Betonlarda kum yerine uçuçu kül kullanılırsa spesifik yüzey artarsa da kumdan çok az da olsa kazanımsağlandığı görülmekedir.Uçucu külleri sahip olduğu silikalı ve alüminalı özelliklerinden dolayı hidrolik bağlayıcılık özelliği vardır.Bundan dolayı çimento yerine kullanmak daha kazançlıdır [25].

3.5. Cam Atıkları

Endüstriyel atık malzemesi olan cam atıkları da zemin stabilizasyonu ve iyileştirme için kullanılmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı kayıtlarına göre 2014 yılı Temmuz ayı itibariyle 380 bin ton cam piyasaya sürülüyor ve bunun yaklaşık 60 bin tonunun geri kazanımı sağlanıyor. Bu sayede 1 ton cam atığın geri dönüşümü ile 100 litre petrol tasarrufu sağlanmış oluyor [26].

Endüstriyel atık bir ürün olan cam, nötür sodyum karbonat ile kumun bir araya gelmesiyle oluşturulmuş eritilmiş sıvı karışımının sıfır derecenin altına kadar soğutularak kristalize bir yapıya dönüşmeden evvel, materyalin kimyasal yapısı bozulmadan hızlıca soğutulmasının ardından katı hale gelmesiyle meydana gelen üründür.Endüstriyel atık malzeme olan camın öğütülerek çok ince daneler haline getirilerek agrega olarak kullanabiriz.

Çünkü agrega olarak atık camın doğal agreganın özelliklerine yakın özellikler gösterdiği gözlenmiştir.Öğütülerek elekten geçirilmiş atık cam yollarda asfaltın kaplamanmasında kaplama karışımlarına ilave edilerek ince agregayla beraber kullanılmaktadır. İstenilen performans, sıcak asfalt karışımlı kaplamalarda %10~%20 oranlarınlarında atık cam muhteva ettiği sürece sağlar. Oval kum ile yan yana getirilimesi durumunda, yeterli ebatlardaki köşeli cam artıklarının yol asfaltı karışımında stabiliteyi yükseltir [27].

Atık Borsası, işletme yerlerinde imalatın sonunda meydana gelen atıkların geri dönüştürülmesini ve daha çok ikinci sıradaki hammadde olarak sonuçlandırılmasını; en sonunda ortadan kaldırılacak olan atıkların miktarklarını düşürerek, daha pahalı yok edilmesi gereken atıkların giderlerinden tasarruf edilmesini sağlayan bir aracı sistemdir [28].

Üretim bölümünde ortaya çıkan geri kazanılması olağan atıkların diğer sanayilerde tekrar kullanımını sağlamak amacıyla pek çok sanayileşmiş ülkede uygulanan Atık Geri Dönüşüm Borsası çalışmaları ülkemizde de başlamıştır. Atık Geri Dönüşüm Borsası, bir sanayide üretim sırasında oluşan atıkların diğer bir sanayinin hammaddesi olabileceği düşüncesinde hareketle ortaya çıkmış bir durumdur. Aşağı yukarı her sanayi işletmesinin üretim sırasında az ya da çok

atık sürekli oluşur. Firma sahipleri oluşan bu atıkları ya tekrar kendi işletmelerinde değerlendirirler, ya diğer firmalara hammadde olsun diye satarlar ya da tamamen ortadan kaldırmak için imha etme yoluna giderler [29].

Atık Geri Kazanım Borsası, tekrar tekrar kullanılabilecek ürünlerin borsayı kullanarak bu ürünlerin diğer sanayilerde kullanılmasını amaçlar [30]. Günümüzde yaşamımızı devam ettirdiğimiz çevreye en büyük sorun teşkil eden etkenlerin başında atıklar gelir.Bu atıkların ortadan kaldırılması tekrar işlenmesi karşımıza çıkan çözülmesi gereken başlıca problemlerdendir.Bu problemleri çözümlerken ürünlerin imalatlarının en başında gereken önlemlerin alınarak minimum atık, temiz ve çevreye zarar vermeyecek şekilde üretim,bunu sağlayacak ürünlere yönelme ve atıkların geri tekrar tekrar kullanılabilmesi hedeflenmişir. Problemlerin çözümü, imalat aşamasının neticesinde meydana gelen pisliklerle mücadele yerine, üretim sürecinin başında hammaddenin ve enerjinin etkin ve verimli kullanılması, az atık üretilmesi, atıkların geri kazanılması ve yeniden kullanılmasında aranmaktadır. Bu amaçla kurulan atık borsa'sı sistemi ile TOBB odalarıyla bağlantılı olarak yeni bir çalışmanın başlaması sağlanmıştır [31].

Atık Borsası'nın faydaları:

1) Borsa, atık malzemelerin yok edilmesinin firma sahiplerine getirdiği ilave para kaybını oratadan kaldırır.

2) Atık malzemeler borsada diğerleri ile birlikte satın alınacağından bir nevi tasarruf meydana geldiği için yatırım sağlanmış olur.

3) Şayet atık ürünlerinin eskiden, borsa haricinde başka birilerine satışı yapılıyorsa atık borsasında daha çok alıcı bularak, haddinden daha fazla değerinin artması sağlanır.

4) Atık borsasında yer alarak çevrenin korunması eyleminde faydası bulunulur. Atıkların bir arada toplanmasından doğan parasal sorun ortadan kalkar [31].

Borsada sunma/istek durumu olan atıklar, muhtemel alan/satan işletmelerin dikkatine sunulur. Bu duyurular yayınlanırken duyuru sahibi işletmelerin kimlik ve iletişim bilgileri gizli tutulur. Ancak sunma (istek) durumunda atığı değerlendirmek üzere istek (sunma) durumunda işletmelerin adı ve iletişim bilgileri (tel, adres, e-mail), arz (istek) durumunda firmaya e-mail yoluyla otomatik olarak bildirilir. Duyuru sahibi işletme, cevap veren işletmelerden istediği ile karşılıklı görüşme yoluyla, atığının satışını (alışını) ya da değerlendirilmesini kararlaştıracaktır [31].

Atık Geri dönüşüm Borsasına atık madde sunma/istek durumunda işletmeler aracılığı ile verilen duyurular, borsa koşullarını sağladığı halinde, cevap verecek ilgililerin (alan veya satan) kararını kolaylaştıracak bilgilerle (atık madde grubu, miktarı, bulunduğu yer, ambalajı, nakliyesi, varsa fiyatı gibi), belirli bir süre, oda tarafından yayınlanacaktır. Atık Geri dönüşüm Borsası' na duyuru vererek

atıklarını değerlendirmeye alacağı diğer firmalara ulaşan firmalar, hem yok edilen atıkların masraflarından tasarruf etmiş olur hem de bu işlemden parasal kazanç da sağlayabilirler. Ayrıca kendi yapması durumunda daha maddiyatı yüksek olacak olan yok etme işlemi olur ki daha uygun ücretle yapabilecek firmalara ulaşabilecektir [31].

4. Sonuçlar

Endüstriyel atıkların (kül, cüruf, mermer tozu, cam atıkları, hurda lastikler) çevreye zarar vermesinin önlenmesi için geri dönüşüm mekanizmasına giremeyen atıkların yok edilip ya da çevreye zarar verme durumunun en aza düşürülmesi hedeflenecek şekilde planlama yapılmalıdır.Uçucu kül-granit tozu karışımları, mermer tozu- granit tozu karışımlarına göre dayanıma etkisi daha olumlu olduğu görülmüştür. Dayanıma artırıcı bu etkinin uçucu külden dolayı oluştuğu söylenebilir.Çünkü diğer bir karışım olan granit tozu-mermer tozu karışımlarında bu etkiye rastlanmamıştır.Yapılan çalışmalar sonucunda atıkların, katkı maddesi olarak yol alt temel tabakalarının iyileştirilmesinde kullanılabileceği ve bununda çevre korunması ve sürdürülebilirlik gibi açılardan faydalı olacağı düşünülmektedir [32].

Bu atıkların sebep olduğu çevre problemleri arasında, tarım ürünlerine zarar verme, yağmur ve rüzgârla etrafa yayılma, tozlanma, toprakta süzülme dolayısıyla zehirli madde taşınması ve radyasyon sayılabilir. Bu çevre sorunları nedeniyle, suyun ve havanın kalitesi, doğal hayat, bölgenin ekonomiksel durumu bakımından zararlı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Yapılan araştırmalar neticesinde atık yönetim mekanızması düzgün bir şekilde işleyebilmesi için planlanmasının çok iyi bir şekilde yapılıp var olan problemleri ortadan kaldırmak için üretim yada tüketim sonucu meydana gelmiş veya gelecek atıkların kullanıldıkları alanlara göre ayrılıp, faydalı ömürlerini tamamlayana kadar aynı şekilde atık geri kazanım mekanızmasına dahil edilmelidirler.

Atık malzemelerin üretime tekrardan kazandırılması sonucu maliyet bakımından ciddi karlar elde edilerek oluşan giderler minimuma indirgenerek az maliyetle çok iş yapılmaktadır [32]. Endüstriyel atıkların değerlendirilmesi, yok edilmesi ve depolanması için gerekli tüm çalışmalar yapılmalıdır.Gelecek yüzyıl için bu problemlerin çözüme kavuşması yada en aza inmesi için çiddi araştırmalar yapılıp arge merkezlerinin kurulup hem sorun çözümü hemde atıkların tekrar tekrar kullanılması noktasında büyük adımlar atılmalıdır.

Endüstriyel atık malzemeler üzerine yeterince araştırma yapılmalı, malzemeler iyi tanınmalı ve özelliklerine göre en yararlı malzeme seçilip, uygun olan yol tabakasında (şartname değerlerini sağlamak koşuluyla) kullanılmalıdır. Araştırmalar neticesinde ilerleyen atık yönetim mekanızmasıyla paralel şekilde Atık Yönetim Borsasınada gereken önem verilerek en iyi fayda sağlayacak şekilde geliştirmelidir.Üretim yapılan ürünler ve oluşan atıklar çok iyi analiz edilerek bu atıkların çeşitli sektörlerde kullanılması sağlanılmalıdır [33].

Mermer işlenmesi sırasında büyük miktarlarda atık ve artık maddeler haline dönüşmektedir. Hem büyük bir parasal kayıp hem de tehlikeli bir çevre sorunu haline gelen bu atıklar birçok sektörde kullanılmakta ancak var olan tehlikeyi ortadan kaldıramamaktadır. Dünya genelinde yaklaşık 8 Milyar mermer üretildiği düşünüldüğünde, olursa beton sektöründe böyle bir atığı değerlendirmek uygun olacaktır [34].

Türkiye mermer yatağı ve üretim kapasitesi yönünden dünyada önemli bir yerde durmaktadır.Üretim denildiği vakit akla ilk gelen oluşaçak atık materyalerdir.Biriktirilemeyecek kadar fazla olan bu atık materyalin yapı malzemeleri imalatında kullanılabileceği görülmüştür. Atık malzemeler olan mermer tozu yapı malzemesi olarak kullanıldığı için beton fiyatları azalacak ve ülkenin para kaynaklarına da büyük oranda katkıda bulunacaktır [34]. Atölye ve fabrikaların atıklarını biriktirmemize olanak sağlayan yerlerde bulunan mermer tozlarını geri kazanım mekanizmasına dahil ederek, ülkemizin milli servetine katkıda bulunup tekrardan üretime kazandırılması amacıyla yapılan araştırmalarımızın sonuçlarına göre; mermer tozlarının inşaat sektöründe yapı malzemesi olarak kullanılması beton ve beton ürünlerinde kullanılacak malzemelerin değerinde olumsuz bir etki sağlamadığı anlaşılmıştır. İnşaat atık materyallerinin zemin iyileştirmede kullanılabilmesi amacıyla yapılan araştırmalar sonucunda;

Kocaeli-Gölcük'te 17.08.1999 tarihinde meydana gelen hepimizi derinden sarsan depremde yıkılan yapılardan alınan inşaat atıkları ile laboratuar ortamında Kaliforniya Taşıma Oranı (California Bearing Ratio) deneyleri yapılmıştır. Yapılan Çalışmada, inşaat atığı, kireç ve kaolin karıştırılarak bu karışımların 1, 7 ve 28 günlük CBR değerleri ölçülmüştür. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda ifade edilmiştir [35].

Bunlar şu şekildedir;

İyileştirilme sağlanacak olan zeminin örneği olarak şişme potansiyeli en üst olan kaolin kili kullanılmıştır. Oluşturulan karışım yüzdelerine bakıldığı zaman kireç oranı yüzde 0 referans, yüzde 5 ve yüzde 8 seçilirken, inşaat atığı oranı yüzde 0 referans ile yüzde 23 arasında, kaolin ise yüzde 0 referans ve yüzde 72 ile yüzde 100 arasında seçilmiştir. Elde edilen karışımlarda 1. , 7. ve 28. gün için en düşük CBR değerleri sırasıyla 26.3, 28.68 ve 33.14 olarak yüzde 3 yıkıntı atığı, yüzde 5 Kireç ve yüzde 92 Kaolin kullanıldığında elde edilmiştir. En üst CBR değerinin ise 33.55, 34.72 ve 34.98 ile yüzde 23 yıkıntı atığı, yüzde 5 kireç ve yüzde 72 kaolin kullanıldığında elde edilmiştir.

Kaolen kilinin plastik limiti değeri 25.83, likit limit değeri 55.38 olarak belirlenmiş ve kaolin kilinin yüksek plastisiteli Kil (CH) olduğu saptanmıştır. En yüksek kuru birim hacim ağırlık değerinin yüzde 14 su muhtevasına sahip yüzde 23 inşaat atığı, yüzde 5 lime ve yüzde 72 Kaolin karışımında 11,14 kN/m3 olarak işlem tamamlanmıştır. En yüksek CBR değerlerinin de yine yüzde 14 su muhtevasına sahip yüzde 23 inşaat atığı, yüzde 5 lime ve yüzde 72 Kaolin karışımında elde edildiği tespit edilmiştir. Bu karışım için 1. gün CBR değerinin

33.528 olduğu, 7. gündeki CBR değerinin 34.9 olduğu ve 28. gündeki CBR değerinin de 34.97 olduğu saptanmıştır.

Atık niceliği ile 1. , 7. ve 28. günlerdeki CBR arasında sırasıyla 0.99, 0.98 ve 0.90 ile olumlu (pozitif) yönde çok yüksek düzeyde ilişkiler olduğu görülmüştür. Kaolin miktarı ile 1. 7. ve 28. günlerdeki Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) değerleri arasında -0.99, -0.98, - 0.90 ile olumsuz (negatif) yönde çok yüksek ilişkiler olduğu görülmüştür. Kireç miktarı ile 1., 7. ve 28. günlerdeki Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) değerleri arasında 0.32, 0.27 ve 0.40 ile pozitif yönde zayıf ilişkiler olduğu görülmüştür. Elde edilen tüm bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde şehir ve çevre kirliliğine neden olan, depremde yıkılan, ağır hasarlar alan inşaat atıkları ile kentsel dönüşüm kapsamında yıkılan yapılara ait inşaat atıklarının zemin iyileştirmelerinde rahatlıkla kullanılabileceğinin tespiti yapılmıştır [34].

Kaynaklar

1. İnternet:https://www.dunya.com/ekonomi/8-ayda-101-bin-ton-hurda-lastik-ekonomiye-kazandirildi-haberi-383273, (2019).

2. İnternet:https://www.haberturk.com/ekonomi/makro_ekonomi/haber/96252-10-milyon-hurda-lastik-para-basiyor, (2019).

3. İnternet:https://csb.gov.tr/sss/atik-yonetimi, (2019).

4. İnternet:http://atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/atikyonetimi/Files/Belgeler/sagmenu/atikeylemplani.pdf, (2019).

5. İnternet:http://www.belgeler.com/blg/1djf/endstriyel-atik-malzemelerin-karayollarinda-kullanimi-utilization-of-industrial-waste-materials-in-highway-construction, (2019).

6. İnternet:http://www.wikiwand.com/tr/At%C4%B1k, (2019).

7. İnternet:http://www.izmirhaberajansi.com/guncel-haberler/aydin-haberleri/nazilli-de-mermer-atigi-gelire-donustu-h10297.html, (2019).

8. İnternet: https://www.messmatic.com/lastik-nedir-lastiklerle-ilgili-temel-bilgiler, (2019).

9. İnternet:https://kutahyacimento.com/tr/kutahya-cimento pulverize-kul-isletmeciligi, (2019).

10. İnternet:http://www.yapi.com.tr/haberler/60-bin-ton-cam-atigi-toplandi_123506.html, (2019).

11. İnternet:http://enderpeyzajurunleri.com/toprak-urunleri/agropomza-curuf, (2019).

12. İnternet:https://www.dunya.com/ekonomi, (2019).

13. Zorluuer, İ., Usta, M., Zeminlerin Atık Mermer Tozu İle İyıleştırılmesi, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 305-311, Afyon, (2003).

14. İnternet:http://www.dokumtek.com/author/admin, (2019).

15. İnternet:https://www.zmgm.org.tr/dosyalar/1014/zm-12.html, (2019).

16. Yıldız, A.H., Mermer Atıklarının Yol İnşaatında Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği A.B.D., 172s. (2008).

17. Akbulut, H., Gürer, C., (2007), Use Of Aggregates Produced From Marble Quarry Waste İn Asphalt Pavements, Building And Environment, 42:1921–1930.

18. İnternet:http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:spXYElEZAgcJ:www.isites.info/pastconferences/isites2014/isites2014/papers/C7ISITES2014ID200.pdf+&cd=12&hl=tr&ct=clnk&gl=tr, (2019).

19. Zorluer, I., & Usta, M. (2003). Zeminlerin Atık Mermer Tozu İle İyileştirilmesi.

20. İnternet:https://mmf.cu.edu.tr/tr/Dergi/(27_2_2012)/3.pdf, (2019).

21. İnternet:http://www.abccevre.com/insaat-sektorunde-geri-donusturulebilir-atiklar.html, (2019).

22. Kalem, A. G. Z., & Vural, İ. (2015). Kentsel Dönüşüm Atıkları İle Zeminlerin Kompaksiyon Özelliklerinin İyileştirilmesi Improvıng Compactıon Propertıes Of Soıl Usıng Urban Regeneratıon Waste.

23. Özer, Y.F., Bazı Endüstriyel Atıkların Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği A.B.D., 97s. (2012).

24. İnternet:http://acikerisim.kirklareli.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.11857/442/demir%20tozu.pdf?sequence=2&isAllowed=y, (2019).

25. Gök, M. S., Karaoğlanlı, A. C., Küçük, Y., & Erdoğan, A. (2017). Rwat Metodunu Kullanarak Endüstriyel Atıkların Aısı 1020 Çeliği Üzerinde Aşındırma Davranışlarının İncelenmesi. *Mühendislik Ve Teknoloji Bilimleri Dergisi*, *4*(2), 64-72.

26. İnternet:https://kutahyacimento.com/tr/kutahya-cimento-pulverize-kul-isletmeciligi, (2019).

27. İnternet:http://csb.gov.tr/60-bin-ton-cam-atigi-toplandi-bakanlik-faaliyetleri-1007, (2019).

28. İnternet:http://www.isem.info/PastConferences/ISEM2014/ISEM2014/papers/A1-ISEM2014ID233.pdf, (2019).

29. İnternet:www.tbb.gov.tr/online/...atik_geri.../5-kati%20atik%20geri%20donusum296syf.pdf, (2019).

30. İnternet:http://www.iso.org.tr/sites/1/upload/files/sanayide-atik-yonetiminde-karsilasilan-sorunlar-181.pdf, (2019).

31. İnternet: http://akogrup.com/ako-gruptan-dev-geri-donusum-sifir-atik-yatirimi/,(2019).

32. ÖKTEM, B. (2016). Atık Yönetiminde Entegre Uygulama. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, *6*(2/1), 135-147.

33. İnternet:http://www.sdergi.hacettepe.edu.tr/makaleler/Atik-Cesitleri-Yonetimi-Geri Donusum ve Tuketici.pdf, (2019).

34. İpekçi, C. A., Coşgun, N., & Karadayı, T. T. (2015). İnşaat Sektöründe Geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi. *Tübav Bilim Dergisi*, *10*(2), 43-50.

35. Şengün, H. (2005). Deprem Ve Katı Atık Sorunu.

KATI ATIK MALZEMELERİN YOL TEMEL İNŞAATINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Bekir BALCI* & Hasan SÖYLEMEZ**

Oğuzhan Yavuz BAYRAKTAR***

1. Giriş

İnsanlığın geleceğinde yüzyıllarca var oluş mücadelesini amaçlayan sürdürülebilirlik anlamı olan enerjinin, bakım ve onarım gibi ekonomik ölçütlerin, yapıyla ilişkili hastalıkların, atık ve kirliliğin minimum seviyeye indirme ve bunların yanı sıra yapı malzemelerinin konfor, verimlilik, sağlamlık, dayanıklık ve esneklik gibi faaliyetlerinin yükseltilmesi hedeflenmektedir [1].

Yapıda kullanılan malzemelerin yapılardan daha az ve kısa hizmet zamanına sahip olması, belirli zaman ölçütlerinde bakım ve onarım yapılmasının zorunlu olduğu veya güncellenmesi, bunun sonucunda kullanıcıların ömürlerinin, çoğunlukla hayatını bu yapılarda geçirmesi insan sağlığına da etkisi düşünülürse kayda değer bir etkiye sahip yapı malzemelerinin ayrıntılı olarak, ince eleyip sık dokuyarak iyice kontrol edilmesinden sonra seçilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir yapı dizaynı ve çevre açısından çevreye duyarlı yapı malzemelerinin kullanılması ve yapı malzemelerinin verdiği hizmet hayatı süresince neden olduğu çevresel etki düzeylerinin ele alınması mimarlık disiplininin de temel problemlerinden biri haline dönüşmüştür [2].

Katı atıkların kontrolü ve yönetim şekli, muasır toplumlarının süregelen önemli problemlerinden birisidir. Şimdiki zamanda ise, oranları ülkeye ve şehre göre değişiklik göstermekle beraber, inşaat yıkıntı atıkları, katı atıklar içerisinde büyük bir yer işgal etmektedir. Bu işe yaramaz artık malzemelerin tekrar kullanımı ve geri dönüşüm durumuna getirilmesi öngörülmektedir [3].

*(Yüksek Lisans Öğrencisi); Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye. E-mail: bkrblci@gmail.com

**(Yüksek Lisans Öğrencisi); Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye. E-mail: hasansoylemez89@gmail.com

***(Dr. Öğr. Üyesi); Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi/İnşaat Mühendisliği, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye. E-mail: obayraktar@kastamonu.edu.tr

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 1991 yılında yayınlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile geri dönüşüm yasal zorunluluk haline dönüşmüştür [4].

Geri dönüşümü bu denli önem arz eden konumuna getirilen nedenleri şu şekilde sıralayabiliriz; Geri dönüşüm ile doğal zenginliklerin korunmasına fayda sağlanır. Doğal kaynaklarımız dünya nüfusunun artması ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi nedeni ile her geçen gün düşüş yaşanmaktadır [5].

Bu sonuçla beraber bize düşen görev, malzeme tüketimini en aza indirgemek, değerlendirilebilir nitelikli atıkları geri dönüştürmek neticesiyle doğal kaynaklarımızı daha verimli kullanmaktır. Dolayısı ile geri dönüşüm doğal kaynaklarımızın korunması ve verimli kullanılması için son derece önemli bir işlemdir. Örnek verecek olursak; kâğıdın geri dönüşümü ile ormanlarda ağaçların daha az kesilmesine engel oluruz. Benzerlik gösteren bir diğer durum ise, plastik atıklarının geri dönüşümü ile petrolden tasarruf sağlanabilir. Yapılan araştırmalara göre Ülkemizde yaklaşık 100-150 bin ton civarında atık plastik geri kazandırılmaktadır, atık kağıt geri kazanım oranı ise yüzde 35'dir. 2003 senesinde ülkemizdeki bazı yerel yönetim firmaları tarafından geri kazanım projeleri kapsamında sürekli olarak biriktirilen malzeme miktarı yaklaşık 16 bin tona ulaşmıştır [6].

Kullanılan malzemelerin ya da atıkların hammaddeye dönüştürülmesi malzeme üretiminde endüstriyel işlem miktarının düşürülmesi sonucunda enerjiden tasarruf sağlanmış olur. Örnek verecek olursak; metal kutuda içilen ürünlerin kutularının geri dönüşümü işleminde bu metaller direkt olarak eritilmesi sonucu yeni ürün haline dönüştürüldüğünde bu metallerin üretimi için kullanılan maden cevheri ve bu cevherin saflaştırılma işlemlerine gerek duyulmadan imalat gerçekleştirilebilmektedir [7].

Yapılan araştırmalar sonucunda; kullanılan alüminyum elementinin (Al) yüzde 35'i hurdaların geri kazanılmasından elde edilmektedir. Elektrik, inşaat ve taşıma araçları alanlarında kullanılan alüminyumun (Al) yüzde 65'i, defalarca geri kazanılır. Bu şekilde bir alüminyum kutunun geri dönüşümünden yüzde 94 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir. Benzer şekilde katı atıklarda ayrılan kağıdın yeniden işleme sokulması için yeterli olan enerji normal işlemler için gerekli olanın yüzde 50'si kadardır. Benzer durumda cam ve plastik atıkların da geri dönüşümünden önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanabilir. Türkiye'de yılda yaklaşık 2,5 milyon ton civarında hurda metal toplanarak geri kazanılmaktadır. Hammadde miktarının azalması ve doğal kaynakların çabucak bitip tükenmesi sonucunda mali problemler ortaya çıkabilecek ve işte bu durumda geri dönüşüm, maddiyat kısmında olumlu etki yapacaktır. Tüm bunların sonucunda ise yeni iş imkanları sağlayacak ve gelecek kuşaklara doğal kaynaklardan faydalanma olanağı sunacaktır [8].

İnşaat sektöründe en büyük ve önemli sorunlardan birisi hammaddedir. Özellikle de asfalt, mermer gibi malzemeler geri dönüştürülmesi yoluna gidilerek önemli oranlarda mali kazanç sağlanabilir. Petrol benzeri olan asfalt malzemelerin

tekrardan kullanılması yoluna gidilmesinin sağlayacağı mali kazancı göz önünde bulundurulduğunda gereken önemin verilmesi gerekmektedir [9].

2. İnşaat Atıkları

İnşaat atıkları; etkisi bakımından zararsız atık, yapısı bakımından katı ve sıvı atık, kaynağı bakımından da endüstriyel atık olarak tanımlanabilir. Yüksek katlı konutlar, metrolar, köprü ve yollar gibi çeşitli inşaat işleri doğal yaşamı önemli bir oranda etkisi altına almaktadır. Özellikle de yapılan bu yapıların öncesi ve sonrasında toprak, su ve hava ortamlarını etkilemektedir. Dolayısıyla, geniş ölçekli bir inşaat projesi düşünüldüğünde hazır ola geçirilmeden hemen önce bütünsel etkileri kapsayan Çevresel Etki Değerlendisme Raporlarının (ÇED) hazırlanması gerekmektedir [10]. Ülkemizde halen süregelen belediye geri kazanım projelerinde toplanan atık kompozisyonunun ortalaması incelendiğinde, bu toplanan atık kompozisyonu sonucunda, geri kazanım durumundaki en yüksek oran kağıt-karton (%42), en düşük oran ise metal (%7)'dir.

Geniş ölçekli inşaat yapımlarında değerlendirme ve analizlerin iyi ve kötü karşılaştırılmasının çıkarılması, çevreye tehlike arz edecek ve ortadan kaldırılması gerekn ögelerin de belirlenmiş olması anlamına gelecektir. Yapılan inşaatta kepçenin ilk kazma vurması ile beraber hafriyat toprağı, inşaat molozu gibi ortadan kaldırılması gereken atıklar meydana gelecektir. Bu oluşan inşaat atıklarının ve molozların uzaklaştırılmasında, geri kazanım için çok faydalı bir işlem olarak ortaya çıkmaktadır. (Eiswirth,1999) [11].

Yapılan araştırmalarda, Almanya'nın Köln ilçesi dolaylarındaki bir yerde yaklaşık 150 bin nüfusu olan bir bölgesinde 210 bin ton/yıl; 100 bin nüfusu olan diğer bir bölgesinde de 80 bin ton/yıl inşaat atığı oluşmaktadır. Ara depolama ve işleme tabii tutup inşaat malzemelerinin hazırlanmasından sonra kalan atıklar hafriyat atığı deposunda ya da inşaat atığı deposunda saklanmaktadır. Böylece evsel atık depolarının kullanım ömürleri uzatılmakdır [12].

3. Katı Atık Malzemeleri

Yol yapım aşamalarında betona asfalt uygulaması yapılırken fiziksel özelliklerin arttırılması maksadıyla birçok katkı çeşidi uygulanmaktadır. Kullanılan katkı malzemeleri birçok testten geçip beton asfaltına etkileri incelenmektedir [13].

Bitüm veya bitümlü karışımların modifiye edilmeleriyle yol üstyapılarında meydana gelebilecek olan biçimsizleşmelere karşı, kaplamaların daha yüksek dirençlerde olması sağlanmaktadır. Karışımın fiziksel özelliklerini artırmak için ilave edilen katkıların karşımıza sorun olarak çıkan sadece bir olumsuz özelliği vardır. Bu ise oluşturulan tasarımın mali yükünü arttırmasıdır. Katı atıkların geri dönüşümü yapılarak elde edilen katkı türlerinin BSK içinde katkı olarak kullanılması bu maliyeti en aza indirgeyecek olup bize avantaj sağlayacaktır.

İnşaat yapım-yıkım sonucu oluşan atıkları, malzeme ve hammaddeleri dikkate alarak sınıflandırmak mümkündür. Tablo 1'de Almanya'da yapılan faaliyetlere göre atık türleri görülmektedir [14].

Tablo 1. Almanya' da yapılan faailiyetler sonucunda meydana gelen atık türleri ve miktarları.

Yol bozumu	Moloz	Inşaat yeri atıkları	Hafriyat atıkları	Inşaat ve yıkım ahşabı
% 8	% 26,4	% 2,9	% 62,2	% 0,5
17,6 milyon ton	58,1 milyon ton	6,5 milyon ton	136,0 milyon ton	0,5 milyon ton
Bitumlu maddeler	Toprak	Plastik	Ana toprak	Ahşap
Zifli maddeler	Beton	Kağıt, karton	Kum, çakıl	
Kaldırım taşları	Fayans,	Metal	Tın, kil	
Kum, çakıl	Tuğla	Kablo	Taş , kaya	
Mıcır	Kiremit	Boyalar		
	Sıva	Yapıştırıcılar		
	Cam yünü			
	Kireç taşı, v.b.			

3.1. Çatı Atıkları

Shingle parçacıklarını belirli aşamalardan geçirerek öğütülmüş ve bitümlü sıcak karışıma ilave edilerek bu karışım üzerindeki etkilerini test etmek için birçok deneye tabi tutulmuştur. Yapılan deneyler sonucunda, numunenin stabilizesini belirmek maksadıyla Marshall stabilite deneyiyle trafikte hareketli yükler altındayken göstereceği davranış biçimini belirlemek için tekerler izi deneyleri yapılmıştır. Bulunduğumuz coğrafyada Shingle atık parçaları endişe verici bir düzeyde olmaması ilerleyen zamanlarda da olmayacağı anlamına gelmemektedir. Çok geçmeden gerekli araşırmaların yapılıp kullanım alanlarının tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır [15].

Yapılan araştırmalar neticesinde; Shingle atıkları öğütülerek 50/70 bitümle beraber yüzde 1,7 oranında kullanıldığında, Bitümlü Sıcak Karışımlar (BSK) üzerinde pozitif etki göstermektedir. Atık Shingle parçaları katılması ile hazır hale getirilen karışımların Marshall stabilite değerleri, geleneksel karışımlara göre yaklaşık yüzde 18 daha düşüktür. Bununla beraber stabilite değerleri şartname alt sınır değerlerinin üzerindedir [16].

Shingle atıklarıyla hazırlanan karışımlarda oluşan tekerlek izi derinlikleri geleneksel karışımlarda oluşan tekerlek izi derinliğinden yaklaşık yüzde 45 daha az çıkmıştır. Shingle bünyesinde bulunan bitüm dolayısıyla, yüzde 0,4 oranında bitüm tasarrufu yapılailir. Shingle atıkları kullanılarak yol üstyapı kaplamalarında oluşan tekerlek izi problemlerinin çözümüne katkı sağlanabilir. Shingle atıkları bitümlü sıcak karışımlara (BSK) katılarak çevre temizliğine önemli ölçüde katkılar sağlanabilir [16]. Cam malzemesinin de karayolu üst

yapısında kullanımına yönelik yapılan deneysel çalışmalar sonucunda geri dönüşüm hakkında söz sahibi konumundadır [17].

3.2. Cam Tozları

Çeşitli endüstriyel atıklar ve cam tozlarını asfalt beton kaplama karışımlarında yüzde 7- yüzde 0 arasında değişen değerlerde doldurucu malzeme olarak kullanılabilirliğini araştırılmıştır. Deney sonuçları, genel olarak atık filler oranı arttıkça cam tozu atığı dışında bütün endüstriyel atıklarda boşluk oranı ve stabilite değerlerinin artmakta olduğunu, akma değerlerinin ise azalmakta olduğunu gözlemlenmiştir [18]. Çalışma sonucunda asfaltlarda dolgu malzemesi olarak endüstriyel atıkların kullanımının hem çevre kirliliğini azaltacağını hem de ekonomiye büyük katkı sağlayacağı görülmüştür [18].

3.3. Katı Cam Atığı

Bir başka araştırma çalışmasında ise cam atığını belirli oranlarda (yüzde 0, yüzde 5, yüzde 10 ve yüzde 15) kullanarak ve Marshall stabilite deneyleri uygulanmıştır. American Society For Testing and Materials (ASTM) ve The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) yönetmeliklerine uyacak şekilde bazı deney yapılmıştır. Bunlara baktığımız zaman kuru/yaş nem hassasiyeti(hasarı),kaymaya olan mukavvemeti, ışığı absorve etme özelliği, porozite ve sıkışma kabiliyeti gibi özelliklerin deneyler neticesindeki sonuçları araştırlımıştır. Yapılan araştırmalar neticesinde, katı atık olan cam atıklarının asfalt betonunda katkı maddesi olarak ilave edilebileceği sonucu çıkarılmıştır [19].

Ülkemizde son senelerde kullanım ömürlerini tamamlamış yapıların yıkılıp veya tadilat edilerek yeniden yapılması gitgide artmaktadır.Bu işlemlerin sonucunda ortaya çıkan inşaat atıkları“Moloz İşleme Merkezlerinde” geri dönüşüm mekanizmasına dahil edilerek tekrardan inşaat sektöründe kullanılabilecek hale getirilebilirler.Gelişmiş ülkelerde bunlar için ciddi yatırımlar yapılıp çeşitli arge çalışmaları yürütülmektedir.. İnşaat atık kütlesini genelde; Hafriyat alınan yere göre kum yığınları, çakıllar, taşlar, killer ve kaya parçaları gibi farklı formlarda bünyesinde mazleme bulundurabilirler. İçerisindeki malzemelere göre bahçe hazırlanmasında, seddelerde, gürültü önleme duvarları inşaasında, depolama yerleri örtülmesinde kullanılabilir [21].Endüstriyel yapılar, sanat yapıları, ulaşım yapıları v.b gibi yapıların yapım-yıkım aşamalarında inşaat molozları oluşmaktadır [22].

Yol yenilenmesi sonucu meydana çıkan artıklar, yol yapımında kullanılmış malzemeye göre değişkenlik göstermektedir. Ayrıca kullanılmış taşıyıcı zemin malzemeleri bağlayıcı ve örtü maddelerinin türleri de bunu etkilemektedir [23]. Gelişmiş ülkelerde katı atıkların geri kazanımı,yok edilmesi ve birçok sektörde

bunların tekrar tekrar kullanılması için sürekli araştırmalar yapılmaktadır.Bu ürünlerin toplanması,taşınması,yok edilmesi ve işlenmesi için sürekli yeni teknolojiler yapılan bu araştırmalar neticesinde ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca işlemin başlangıcından tamamlandığı zamana kadar geçen aşamalardaki tüm çalışmaların çevresel etkileri de incelenmekte ve değerlendirilmektedir. Bu geri kazanım tesislerinin ÇED (Çevre Etki Değerlendirmesi) raporlarının olması istenmektedir. Her türlü inşaat artıklarının geri kazanılması, kaynakları azalan ve mevcut kaynaklarını ekonomik kullanmak, doğayı korumak isteyen gelişmiş ülkelerde yaygın bir şekilde gerçekleştirilmektedir [24].

3.4. Pencere Atıkları

Başka bir geri kazanım olan pencere atıklarının geri kazanılması konusunda ise 1995 yılında yapılan araştırmalar sonucunda o yıl ki verilere göre Almanya'da yaklaşık 15 milyon eski pencere yenilenmiştir. Yüzde 85'i ahşap olan bu şekildeki pencerelerin geriye kalan malzemeler cam, plastik, lastik, Fe-metali ve alüminyum (Al)'dan oluşmaktadır [25]. Toplama lojistiği ve değerlendirmede ilk yapılacak iş, oluşacak atık miktarının tahmin edilmesidir. Hesaplanan verilere göre atığın tamamının seri toplanabilmesi için bir "geri alma lojistiği" oluşturulması gerekmektedir .Sonuç olarak oluşan atığın içindeki maddeler geri kazanılır [26].

3.5. Beton Atığı

Beton; irili ufaklı agregalardan, çimento ve türevlerinden, su ve birçok katkı ilave edilerek kimyasal tepkimeler sonucu oluşan, medeniyet yapıların ana taşıdır. Bu bölümde, İnşaat sektöründe yıkım,yapım ve yenilenme sonusu oluşan atıklardan elde edilen beton atıklarının, geri dönüşüm mekanizması sayesinde tekrar kullanılması ve bu artıklardan elde edilen doğal olamayan agreganın kullanılmasıyla elde edilmiş olan betonun özellikleri araştırılmıştır.Geri dönüşüm malzemelerinden üretilen betonun inşaat sektörinde nerelerde hangi amaçla ve nasıl kullanılacağı ve bu konuda yapılan çalışmalar incelenmiştir [27].

Geri dönüşüm mekanizmasına dahil edilebilecek beton artıkları inşaat artıkları kalite kontrol numunelerinden, prefabrik üretim artıkları ve uygun olmayan ürünlerden elde edilir [28]. İnşaat Yıkıntı Atıkların'dan elde edilebilecek beton atığı oranı konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Araştırmacı Lauritzen, 1994 senesinde 150-200 m² oturma alanı olan bir evin yıkımından elde edilecek yıkıntıdaki malzeme miktarlarını verdikleri çalışmada, evin ağırlığının yüzde 40'ı olan 55 tonluk bir beton atığının oluşabileceğini hesaplamıştır [29].

Bu oran diğer malzemelere göre ağırlıkça en büyük oranı oluşturmaktadır. Oikonomou adındaki bir araştırmacı 2005 senesinde yaptığı Geri Kazanım konusundaki çalışmasında; bir yıkıntıdan elde edilebilecek beton miktarının maksimum yüzde 40 olacağını öngörmüştür. Araştırmacı Huang ile birlikte yaptığı

çalışmasında göre 2002 senesinde Hong Kong'daki inşaat ve yıkıntı atıklarının yaklaşık yüzde 50' sini beton atıklarının oluşturduğunu belirlemişlerdir [30]. Genelde ise inşaat ve yıkıntı atıklarının, özelde yıkıntı içerisindeki en yüksek payı oluşturan beton atıkların yeniden kullanımının çevresel ve mali sebepleri açıklanarak, yeniden kullanımın sağlayacağı katkılar incelenmiştir [31].

Çok büyük miktarlar oluşturan inşaat ve yıkıntı atıklarının depolama alanlarına atılması doğal çevreye çeşitli şekillerde zarar verebilmektedir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri' nde 2005 datalarına göre yılda yaklaşık 150 milyon ton inşaat yıkıntı atığı meydana gelmekte olduğu göz önüne alındığında, geri kazanım ve yeniden kullanım imkanlarının değerlendirilmesi son derece büyük bir öneme sahiptir. Aksi halde bu atıkların depolanması için çok büyük doğal alanların tahribine yol açacağı öngörülebilir. Bu nedenle kullanılan depolama alanları, ilgili kısımdaki toprağın verimliliğinin yok olması sonucu tarım alanı olarak kullanılamayacak duruma gelir [32].

Hem atıkların yeniden kazanımını kolay bir şekilde olması, hem de asbest ve Poli Vinil Klorür gibi bazı zararlı malzemeler barındıran bölümlerin çevreye verilen tehlikenin önüne geçmek için benzer tarzdaki atıkların ayrılarak bir araya toplanması çok mühimdir. Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Kanada, Rusya ve Belçika'da kompleks durumdaki inşaat yıkıntı atıklarının yeraltı suyunun pislenmesine sebebiyet vermesi konusunda dikkat edilerek depolanmasında daha düzenli olunması ve içme suyu bakımından zengin bulunan alanlarda depolama yapılmaması istenmektedir [33].

Amerika'da bir araştırmaya göre 2005 senesinde yaklaşık 3.000.000.000 ton doğal agrega kullanılmıştır. Doğal agrega özgül ağırlığının yaklaşık 3 ton/m³ olduğu öngörülecek olursa, bu bölgenin 1.000.000.000 m³'lük bir hacmi kapsadığı sayısal veriler ile hesaplanmıştır. Bu durum sonucunda doğal agrega üretimi için çok geniş çaplı bir bölgedeki doğal çevrenin tahribi manasına gelmektedir. Bir başka durum da ise, bu agregaların imalatlarının yapıldığı fabrikaların çevre ortamına bıraktığı toz emisyonu, hem gürültü hem de görüntü kirliliği de hafife alınmaması gerekilen durumlardır [34].

İnşaat Atıkları ile ilgili Türkiye'de Yasal Mevzuat Atık yönetimi, Türkiye'de 1940'lı senelerden itibaren kanuni reformlara konu olmuş ve uygulamayı yapan kurum ve kuruluşlar olarak belediyeler görevlendirilmiştir. Başlangıçta Sağlık Bakanlığı"nın sorumluluğunda olan ulusal düzeyde politika belirleme ve uygulama görevi, günümüzde Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yerine getirilmektedir. Fakat bu alandaki yetki ve sorumlulukların çok sayıda kurum ve kuruluş arasında pay edildiği; bunun da, çevreye ilişkin standart, ilke ve politikaların belirlenmesi, uygulamanın yönlendirilmesi, aykırı davranışların izlenmesi ve cezalandırılması gibi alanlarda yetki ve görev örtüşmelerine yol açtığı bilinmektedir (Kırlıoğlu ve

Erol Fidan, 2010) ve (T.C. Sayıştay Başkanlığı, 2007). Atık Yönetimi konusunda, Türkiye'deki başlıca yasal mevzuat şöyle özetlenebilir [35].

Bir çerçeve yasa niteliğindeki 11.08.1983 tarih ve 2872 sayılı "Çevre Kanunu"; çevrenin korunması konusunda ilke ve kurallar getirmekte, yetkili ve sorumlu kurum ve kuruluşları tanımlamakta, uygulamaya yönelik oluşum durumlarını belirlemekte ve "kirleten öder" prensibi çerçevesinde ilgililerin yükümlülüklerini ve aykırı davranışlara uygulanacak cezaları belirlemektedir 1991 tarihli "Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" ile Türkiye"de atık yönetiminin genel çerçevesi ortaya konulmuştur [36].

Yönetmelik, atık üretiminin mümkün olduğunca azaltılmasını, geri kazanılabilir atıkların kaynağında ayrıştırılmasını ve değerli atıkların yeniden ekonomiye kazandırılmasını, geri kazanımı olmayan atıkların da çevreye duyarlı yöntemlerle bertarafını öngörmektedir. Türkiye"nin taraf olduğu "Tehlikeli Atıkların Sınırlar Ötesi Taşınımının ve Bertarafının Kontrolüne İlişkin Basel Konvansiyonu" da atık yönetimine ilişkin hükümler içermektedir [36]. Çevre Kanunu ve Basel Konvansiyonu temelinde tehlikeli atık yönetim sisteminin oluşturulması amacıyla hazırlanan "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği", öncelikle 1995 yılında yürürlüğe girmiş, 2005"te AB Müktesebatı ile uyumlulaştırılarak yeniden düzenlenmiştir [36].

Geri Kazanım sağlanan beton atıklarının inşaatta kullanımından bahsedecek olursak; Geri dönüştürülmüş yapı hammaddelerine olan talep gün geçtikçe artmaktadır. İnşaat sektörünün yapı taşlarından olan beton hem yapım, mimarı ve peyzaj uygulamarında dayanım, şekillendirme, doku ve kaplama gibi v.b. işlemlerde çok amaçlı olarak kullanılırAvrupa hazır beton sektörü, yaklaşık 13.000'i aşkın faal tesiste yılda yaklaşık 300.000.000 m^3 beton imal etmektedir. Yıllık hazır beton tüketimi 0.4 - 1.30 m^3/adam seviyelerindedir. Yaklaşık 750.000.000 ton ürünün ve buna eş değer enerjinin kullanımı kaçınılmaz bir şekilde çevre bakımından çok önemli neticeler oluşmaktadır. Bir konut veya herhangi bir betonarme yapının yıkılması zorunlu hale geldiği zaman, elde edilen eski betona kırma işlemi uygulayarak elde edilen geri dönüştürülmüş atıklar betonunun içersinde agrega olarak ya da yol yapımı esnasında zeminin altına dolgu malzemesi olarak serilerek kullanılır [37].

Beton kütle iç çekim kuvetiyle büzülerek çatlarlar bu durumdaki betonu ağır beton denir.Bu ağır betonlar güç ve performans kaybına uğraması neticesinde tekrar kullanılabilmesi yönünden ideal bir malzeme olarak karşımıza çıktığı görülmektedir [38].

Örneğin; Sahada beklemekte olan mikserler iki saatten fazla bir zaman geçtiğinde kullanılmadan geri yollanırlar. Kullanılmayıp geri verilen bu betonların geri dönüşüme girerek değerlendirilmesini sağlayacak hemde doğal kaynakları verimli

kullanmak hemde maliyeti aza indirgeceyek şekilde çeşitli alanlarda (beton karışımlarında kullanılmasını veya beton malzemesi, yol döşemesi ya da inşaat dolgu malzemesi) yeniden kullanılmasını sağlayan sistemler de vardır. Ülkemizde halen beton artıklarının geri dönüşümünü sağlayacak sistemler yok denecek kadar azdır. Amerika Birleşik Devletlerinde bu şekilde meydana gelen beton artıklarının geri kazanımı yapılmaktadır. 45 eyalette de bu beton agregları geri kazanım için kullanılmaktadır [39].

Beton agrega geri dönüşümü yapılan şantiyelerde, yaklaşık olarak en azı 6000 ton olan betonların geri kazanımı sağlanmaktadır. Hasarlı beton yol tabakaları, yıkımı meydana gelen eski konutlar bir beton agrega geri kazanım şantiyesinde parçalanıp birbirinden koparılmasından sonra tekrar kullanılması ile granule malzeme şekline dönüştürülmektedir [40].

Güney Avusturalya'da geri kazanımı sağlanmış beton agregalar farklı uygulamalarda kullanımı epeyce yaygındır.Yapılan araştırmalar göstermektedir ki çalışmalar geri dönüşüm ürünü olarak beton agregalarının normal agrega yerine yada beton imalatının statik bakımdan bir önem teşkil etmeyen uygulama alanlarında kullanılabileceğini bize göstermiştir [41]. Geri kazandırılmış beton agregalarını yol inşaatlarında temelin altına dolgu malzemesi olarak kullanımı günümüzde mevcuttur.Bu uygulama yıkıma uğramış beton artıklarından yararlanmayı hedeflediği gibi bu alanda da kayda değer oranlarda atık düşüşüne olanak sağlamaktadır [42].

4. Sonuçlar

Yapım ve imha sırasında oluşan atıkların geri dönüşüm mekanizmasına dahil edilerek tekrar tekrar inşaatlarda kullanılması bulunduğumuz çevrenin korunması ve etkin bir maliyet yönetiminin yapılması hususunda çok önemlidir [47].

Gelişmiş ülkeleri incelediğimiz vakit atık yönetimi üzerine ciddi yatırımların yapıldığını büyük tesislerin kurulup arge merkezlerinde çok başarılı çalışmalar ortaya çıkarıldığını görmekteyiz.Yapılan arge çalışmalarında ortaya çıkartılan ürünlerin kalite ve faydalı ömürleri incelendiği vakit çok iyi sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir.Bu yatırımların ülkemizde de yapılması gerekli tesislerin yaygınlaştırılıp bu alanda ki çalışmaların desteklenmesi neticesinde doğal çevrenin korunması,var olan kaynakların en etkin şekilde kullanılması ve maliyet yönetimi gibi çok önemli konularda büyük fayda sağlayacaktır [48].

Yapılan bu araştırmada, geri dönüşüm mekanizmasına dahil edilen katı atıkların ve bunlarla eldi edilen betonun özellikleri tekrar tekrar kullanım ömürleri araştırılmıştır.Geri dönüşüm, inşaat yapım ve yıkım aşamalarında oluşan duvar ve

beton molozlarının ve doğal agregayla beraber geri kazanımı sağlanmış agreganın karışımından elde edilinen olmak üzere üç ayrılır [49]. Araştırmalar neticesince; geri dönüşümü sağlanmış agregalarla üretilen betonun fiziksel ve kimyasal özellikleri doğal agregayla üretilen beton numunesine göre daha düşüktür.Geri dönüşümü yapılmış agrega ile üretilen betonun daha basit beton uygulamalarında kullanılması gerektiği tespit edilmiştir.İnşaat yapım ve yıkım aşamaları sonucu oluşan katı atıkların tekrar tekrar kullanılması pek çok yarar sağlayacaktır [50].

2019 senesinde İnşaat yıkıntı atıkları nakliyesi ve stoklama yerleri için tabi tutulan ücretler, farklı farklı vergiler alınması nedeniyle geri dönüşüm işleminin maliyetlerini artırmiştir.Bu nedenle malzemelerin stoklama yerlerine depolanmaları daha cazip hale gelmiştir.Geri dönüşüm sistemine dahil edilerek üretilen betonların yerine daha çok doğal agregaların kullanıldığı betonlar tercih edilmektedir.Katı atıklardan elde edilen ürünlerin teşvik edilerek daha çok yaygınlaştırılması sağlanması ve doğal kaynaklarımız korunmalıdır [51].

Geri kazanım ile;

1- Doğal kaynaklarımızı etkin kullanarak minimum seviyede bitüm,agrega ve çimento kullanımı sağlanacaktır.

2- İnşaat yapım ve yıkım sonucunda meydana gelen katı atıkların gerekli yönetmelik ve kanunlarla denetiminin en iyi şekilde yapılması gerekmektetir.Katı atıkların nakiye, depolanma ve toplanması neticesinde meydana gelebilecek çevrelesel faktörler, enerji tüketimi, gürültü ve kazalar v.b. gibi durumların önlenmesi noktasında vazgeçilmez hususlardandır.

3- Geri dönüşümü sağlanan malzemeler kullanılarak üretilen asfaltlar yeni asfalt üretiminin maliyetlerini en aza indirgeyerek ve aynı malzemeyle daha uzun asfalt yapımına olanak sağlayacaktır.[52].

4- Geri dönüşüm ürünlerinden inşaat artıklarının fiziksel özellikleri Karayolları Teknik şartnamesi kriterlerine göre incelenip analiz edilmektedir.Yol yapımında plentmix temel ile bitümlü temel tabakalarında molozların belli aşamalardan geçip agrega yerine kullanılması için araştırmalar yapılmaktadır.[53].

5- Çalışmanın ilk adımında birleştirici olan bu malzeme tabakası dizaynı yapılmış, inşaat atıkları da bu tasarım içindeki oranı yüzde 42 olarak alınmıştır. İkinci adımda ise bağlayıcı bitüm olan bitümlü temel tabakası ele alınarak tasarım yapılmıştır.İkinci tasarım içinede yüzde 25 oranında da inşaat katı atığı katılmıştır. Her 2 deneyde de İstanbul-Çekmeköy bölgelerinden getirilen farklı ebatlarda kalkerden agrega kullanılmıştır.

6- Tasarım yapılırken her numuneye faklı karışımlar hazırlanmıştır.

7- İnşaat yapım ve yıkımlarından elde edilen katı atıkların (molozların) suya doygunluklarının düşük emme potansiyellerinin fazla olduğu yapılan araştırmalarda gözükmektedir.Yol yapılmarında asfalt uygulaması yapılmadan evvel yapılan bu tabaka tasarımında (Plentmiks) en düşük seviye olarak nem yüzde 9'larda çıkmıştır.

8- Molozlar içerisinde de çok miktarda kırılmış ahşap parçaları, plastik artıkları, kablo parçaları gibi katı atıklar vardır.Bunların birçoğu ayrılarak değerlendirilebilir, fakat tuğla, ytong, alçı gibi malzemeler de molozlların içersinde ciddi miktarda vardır.Bu malzemeleri moloz yığınlarından ayrıştırmak baya zordur.

9- Geri dönüşümü sağlanmış ince ve iri taneli olarak üretilmiş agregalar, doğal agregalara nazaran absorbsiyon kabiliyetleri yüksektir.Bu nedenden dolayı geri dönüşüm agregalarından üretilmiş betonun elastite modülü ve mukavemet değerleri doğal agregayla üretilmiş betona göre düşüktür [54].

10- Geri dönüşüm ürünleriye üretilen betonun rötre değerleri doğal agregalardan üretilmiş betona göre yüksektir .Ve bu durum geri dönüşüm ürünleriye üretilen betonun aderansını olumsuz etkilemektedir.Rötre değerleri yüksek olması geri dönüşüm ürünleriye üretilen betonun donma-çözünme karşı direnci azaltmakta olup, ancak hava sürükleyici katkı ilave edilerek donma-çözünmeye karşı direnci beilli ölçülerde arttırılabilir. [54].

11- İnşaat yapım-yıkım sonucunda oluşan katı atıkların geri dönüşüm mekanizmasına dahil edilerek tekrar tekrar kullanılması hususunda kısıtlayıcı bazı parametreler mevcuttur.

Kısıtlayıcı problemlere bakıldığı zaman ilk olarak karşımıza yüksek maliyet çıkmaktadır.İnsanların geri dönüşümlü ürünleri kullanmaya sevk etmek için devlet tarafından teşvikler verilmeli ve vergi indirimleri yapılmalıdır.Geri dönüşüm merkezlerini yaygınlaştırarak arge çalışmalarını artırarak gerekli adımlar atılmalıdır.İnşaat sektörü ve diğer sektörlerde çalışan insanların bilgilendirilerek alt yapı oluşturulması sağlanmalıdır.Arge merkezlerinde gerekli çalışmalar yapılarak geri dönüşümlü agregaların üretimi noktasında gelişmeler sağlanarak fiziksel özelliklerini iyilleştirlmesi dağal agreganın yerine kullanılabilmesi için şarttır.[56].

Kaynaklar

1. İnternet:https://www.ebelediye.info/haberler/yapi-malzemelerinin-surdurulebilir-geri-donusum-sureci, (2019).

2. Okşan, T. (2018). Atık Malzemelerinin Mimaride Kullanımı. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, *1*(4), 189-202.

3. Demirel, S., & Öz, H. Ö. (2017). Atık Malzemelerin Kendiliğinden Yerleşen

Beton Performansına Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20*(3), 40-48.

4. İpekçi, C. A., Coşgun, N., & Karadayi, T. T. (2015). İnşaat Sektöründe Geri Kazanilmiş Malzeme Kullaniminin Sürdürülebilirlik Açisindan Önemi. *Tübav Bilim Dergisi, 10*(2), 43-50.

5. İnternet:https://wamgroup.com.tr, (2019).

6. Kıral, S. (2008). Döküm yöntemi ile üretimde hurda kaynakları ve özelliklerinin araştırılması. Akbulut, H. & Gürer, C, 3 Haziran 2003. Recycle-Geri Dönüşüm, 5 Haziran Dünya Çevre Günü Etkinlikleri, Afyon Ticaret ve Sanayi Odası, Afyon, Türkiye.

7. Akbulut, H. & Gürer, C, (2003). Mermer Atıklarının Çevresel Etkileri ve Yol Katmanlarında Tekrar Kullanım imkanları, Türkiye IV. Mermer Sempzoyumu Bildiriler Kitabı, 18-19 Aralık 2003, Afyon

8. İnternet:www.agc.org, (2019).

9. İnternet:www.matbaaturk.org, (2019).

10. Ağdağ, O.N., Kırımhan, S., (1999). Denizli Organize Sanayi Bölgesinde Endüstriyel Katı Atık Durumu ve Geri Kazanımı, D.E.Ü. Fen ve Müh. Dergisi, 1 (2), s. 47-58.

11. Atmaca, E. (2004). Sivas il Merkezi Katı Atık Yönetiminin İrdelenmesi ve Yeniden Planlanması, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sivas.

12. Büyükbektaş, F., Varınca, K.B. (2008). Entegre Atık Yönetimi Kavramı ve AB Uyum Sürecinde Atık Çerçeve Yönetmeliği, Üniversite Öğrencileri III. Çevre Sorunları Sempozyumu Çesko 2008, İstanbul.

13. Ergun, O.N. (2001). Katı Atık Yönetimi Ders Notları, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 168s.

14. Kırlıoğlu, H., & Fidan, M. E. (2009). Atık Yönetimi ve Muhasebesi: Sakarya'daki İşletmeler Üzerinde Bir Araştırma. *Akademik İncelemeler Dergisi (AID), 4*(2), 13-36.

15. Gürer, C., Akbulut, H., Kürklü, G. (2004). İnşaat Endüstrisinde Geri Dönüşüm ve Bir Hammadde Kaynağı Olarak Farklı Yapı Malzemelerinin Yeniden Değerlendirilmesi, V. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.

16. İnternet:http://www.cevreonline.com/atik2/atikyonnedir.htm, (2019).

17. İnternet:http://istac.ssplab.com/contents/15/%C4%B0stac_Str_Plan%202(2).pdf, (2019).

18. İnternet:http://www.istac.com.tr/index.php?categoryid=33&p2_articleid=36, (2019).

19. Kalyoncu, H.S. (2005). Avrupa Birliği Uyum Sürecinde Türkiye"nin Karşılaştırmalı Atık Yönetimi Stratejileri, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

20. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü (2008). Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012), Ankara.

21. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı (2004). "Hafriyat Toprağı, inşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği", Resmi Gazete Sayısı: 25406.

22. T.C. Sayıştay Başkanlığı (2007). Türkiye'de Atık Yönetimi-Ulusal Düzenlemeler ve Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi Performans Denetimi Raporu, Ankara.

23. İnternet:http://www.tuik.gov.tr, (2019).

24. İnternet:www.isfalt.com, (2019).

25. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (Tarih: 14.03.1991).

26. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (Tarih: 18.03.2004).

27. Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği (Tarih: 31.08.2004).

28. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (Tarih: 14.03.2005).

29. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (Tarih: 22.07.2005).

30. Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği (Tarih: 25.11.2006).

31. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (Tarih: 24.06.2007).

32. Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik (Tarih: 30.05.2008).

33. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, (2008).

34. Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği (Tarih: 17.07.2008).

35. Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin ve Lisanslar Hakkında Yönetmelik (Tarih:29.04.2009).

36. 2872 sayılı Çevre Kanunu.

37. 5393 sayılı Belediye Kanunu.

38. 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu.

39. İnternet:www.haliccevre.com/images/PDF/insaatatik.pdf, (2019).

40. İnternet:http://atiksahasi.com/HafriyatAt%C4%B1klar%C4%B1, (2019).

41. İnternet:http://www.tucev.org/dosyalar/files/yikinti-atigi.doc, (2019).

42. İnternet:http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.5401&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch, (2019).

43. İnternet:http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/157966f9b9e2f35_ek.pdf, (2019).

44. İnternet:http://istac.ssplab.com/contents/44/cevremakaleleri_130838595529678877.pdf, (2019).

45. İnternet:http://www.isites.info/pastconferences/isites2014/isites2014/papers/C7-ISITES2014ID200.pdf, (2019).

46. İnternet:https://istac.istanbul/contents/44/cevre-makaleleri_131473422034297503.pdf, (2019).

47. İnternet:https://istac.istanbul/contents/44/cevre-makaleleri_130838592910380265.pdf, (2019).

48. İnternet:http://www.tekstildershanesi.com.tr/bilgi-deposu/tekstil-atiklarin-yapi-malzemesi-olarak-kullanim.html, (2019).

49. İnternet:http://www.itugvo.k12.tr/ilkogretim/eko_okul/ecoschool_e/eski_eko okul/natukbirkan-atikgerikazanim.pps, (2019).

50. İnternet:http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17020_14_30.pdf, (2019).

51. Gündüzalp, A. A., & Güven, S. (2016). Atık, Çeşitleri, Atık Yönetimi, Geri Dönüşüm ve Tüketici: Çankaya Belediyesi ve Semt Tüketicileri Örneği. *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi, ISSN*, 1304-2823.

52. İnternet:http://eds.yildiz.edu.tr/ajaxtool/GetArticleByPublishedArticleId?PublishedArticleId=1840, (2019).

53. İnternet:www.haliccevre.com/images/PDF/insaatatik.pdf, (2019).

54. İnternet:http://www.izto.org.tr/portals/0/argebulten/6kentseldonusumatagi.pdf, (2019).

55. İnternet:http://www.khl-group.com/events/demolition-conference-turkey/assets/ibrahim-sonmez.pdf, (2019)

7/24 ÇALIŞAN PROSESE TOPLAM VERİMLİ BAKIM UYGULAMA ÇALIŞMASI

Ceyhun NEŞELİOĞLU*

Çukurova Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, TÜRKİYE
E-posta: cneselioglu@gmail.com

Murat OTURAKÇI**

Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, TÜRKİYE
E-posta: moturakci@atu.edu.tr

Oya H. YÜREGİR***

Çukurova Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, TÜRKİYE
E-posta: oyuregir@cu.edu.tr ; oyuregir@yahoo.com

Özet: Gelişen teknolojiye ayak uydurmak işletmelerin vizyondan çok misyonu haline gelmiştir. Bu yüzden işletmeler yönetim şekillerinde revizyonlar yaparak gerek sektörde ayakta kalmayı gerekse sürekli iyileştirme amaçlayarak ileri gitmeyi hedeflemektedir. Buradan yola çıkarak önceleri arızi bakım (aslında onarım) şeklinde uygulama yapan bir firmanın, gelişerek değişen teknolojiye ayak uydurarak TVB'ye geçişi tez çalışmasında ele alınmıştır. Çalışmanın amacı TVB uygulamasını kolaylaştırmak için seçilecek yazılımın kriterlerini önceliklendirmektir.

Bu çalışmada 7/24 çalışan bir işletmeye Toplam Verimli Bakım uygulaması yapılmıştır. Sürece uygun bakım takip programı seçmek için Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılmıştır. Bu seçimi yapmadan önce bir bakım programında olması gereken kriterler belirlenmiştir. AHP ile yapılan analizde seçilecek bakım programında en öncelikli iki kriter "Makine Tanımlama" ve "Arıza Tanımlama" olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toplam Verimli Bakım, Analitik Hiyerarşi Prosesi, Bakım Takip Sistemi, Sistem Diyagramı, Süreç İyileştirmesi, Süreç Verimliliği

Abstract: To keep up with developing technology has turned out to be mission from being vision. That's why companies purpose to both survive and go forward by making revisions on their managements. Starting from here, it is tackled, the company which was making breakdown maintenance (repairing jobs) in the beginning, switched to TPM keeping up with growingly changing technology. Purpose of this study is to prioritise the criterias of the software will be selected to be able to simplify TPM implementation.

In this study, Total Productive Maintence actions have been applied to 7/24 running process. Analytical Hierarchy Process was used to be able to select an appropriate maintenance software for the system. Just before selecting the suitable programme, criterias should be included in a maintenance programme have been determined. By making the analyze using AHP, preferred two criterias

which should exist in the maintenance programme will be selected have been determined.

Key Words: Total Productive Maintenance, Analytical Hierarchy Process, Maintenance Follow-up System, System Diagram, Process Improvement, Process Efficiency

1. GİRİŞ

Bakım, herhangi bir işletmenin sürecinde halihazırda çalışmakta olan sistemin işleme sürekliliğini devam ettirebilmesi adına gerçekleştirilen aksiyonlardır.

Son yıllarda firmalar akıllı üretim teknolojilerine yoğunlaşmakta, bunu uygulamaya çalışırken yollarının doğru bakım uygulamadan geçeceğini bilerek çalışmalar yapmaktadır.

Yeni teknolojik gelişmeler sadece firmaya değil, sektöre ve dolayısıyla ülkeye katkıda bulunacaktır. Bu katkılar üretim verimliliği, bakım, kalite, düşük maliyet, stok yönetimi, pazar kontrol, üretim duruşlarını azaltma, liyakat sahibi personel ve üretim verimliliği kavramlarını ortaya çıkarmış ve önem kazandırmıştır Bu olgular rekabet gücüne pozitif etki eden kavramlardır. Sürekli iyileştirmeyi misyon haline getirmiş firmalar bu kavramların hepsini süreç verimliliğinde kullanmakta, bu değerlerden yararlanmaktadır.

Bakım faaliyetleri üretimin sürekliliği açısından en önemli değere sahip olgudur. Üretimin idamesini sağlayacak en temel öge verimli bakımdır. Bu yüzden endüstriyel faaliyetlerin dünyada gelişmesiyle beraber "verimli bakım" anlayışının değeri gün geçtikçe artmıştır. Her gün değişen teknolojik gelişmeler sayesinde verimli bakım kavramı aşama aşama ilerleyerek kayda değer üretimsel ve yönetimsel başarıların elde edilmesine katkıda bulunmuş ve söz konusu kavram geliştirilerek tüm süreçlerin faydalanabileceği bir sistem olarak insanların karşısına çıkmıştır. Bu sistem "Toplam Verimli Bakım" kavramını doğurmuştur.

1.1. Toplam Verimli Bakım

Toplam verimli bakım kavramı en kabul edilen anlamda "tüm çalışanların katılımının ön görüldüğü, küçük grup faaliyetleri aracılığı ile gerçekleşen verimli bakım" şeklinde açıklanabilir. Toplam verimli bakım, imalat adımları içinde personelin eksiksiz iştirakını gerektiren, makina operatörlerine sorumlulukları altındaki ekipman veya makinenin özerk bakım sorumluluğunu da aşılayan, arızaları oluşmadan önleyen ve ekipman etkinliğini en üst düzeye yükseltmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır (Miyake, Enkawa ve Fleury,1995).

Günümüzde dinamik ihtiyaçlara cevap veren ve gizli fakat istifade edilmeyen veya düsük seviyede kullanılan beyin gücü, iş gücü, makine gücü vb kaynakları ortaya çıkaran verimli bakım stratejileri ve programlarına ihtiyaç vardır. TVB metodu mevcut ihtiyaçları karşılayacak potansiyele sahiptir (Ahmed, Hassan ve Taha, 2005).

İçinde bulunulan çağda ayak uydurmakta en zorlanılan şey değişimdir. Bu değişime en çok katkıda bulunan olgu da teknolojidir. Teknoloji ilerledikçe endüstride kullanılan makine ve materyaller de değişip gelişmektedir. Bununla beraber sanayide kullanılan alışılagelmiş bakım anlayışının bu değişime ayak uydurarak gelişmesi gerekmektedir. Çabucak olumlu reaksiyon verebilen en akılcı yaklaşım olarak TVB uygulaması işletmeler açısından gereklilik ihtiyacı doğurmuştur. Çünkü TVB üretime bilhassa katkıda bulunan operatörden söz konusu bölümde sorumlu en üst yöneticiye kadar ulaşabilen bir bakım şeklidir. Ayrıca herkesin katkıda bulunabileceği bir sistem şirket içi iletişime pozitif yönde etki eder. İşbirliğini güçlendirir. Üçüncü, dördüncü göz diye tabir edilen pozisyondaki çalışanların, operatörden en üst yetkili personele kadar, sürecee farklı bir bakış açısı getirmesini sağlar.

1.2. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Katkılar

Çaışmadaki temel amaç, gıda sektöründe stok bazlı değil de siparişe göre üretim yapan, arızi bakım ile zaman kaybetmek istemeyip gelişen teknolojiye dayalı sürekli üretim anlayışını toplam verimli bakımı uygulayarak yakalamak isteyen firmalara uygun bakım programını seçip sisteme dahil edilmesiyle ne tür sonuçlar doğuracağını gözlemlemektir.

Stok değil de satış bazlı çalışan işletmeler bakım için planlı duruş zamanı ayırmaz ve/veya ayırmak istemez. Bu tür durumlarda bakım yerine yapılan onarımı firma yönetimi bakım işlemi olarak düşünmektedir.

Bu çalışma öncelikle zamansızlık kavramını üretim süreç yönetiminden kaldırmış ve bakım uygulamasını sistematik bir işleme dökerek TVB hayata geçirmiştir. Bu işlemler, tüm çalışanların katkıda bulunabileceği bir olgu oluşturarak çalışanlar arası iletişimi güçlendirmiştir. Operatör-makina ilişkisini güçlendirmekle beraber diğer pozisyonda çalışanların da direkt ve/veya endirekt katkıları sağlanmıştır. Doğru uygulanan bakım programı ile yaşanmakta olan problemler saptanmış, bunlara çözüm üretilip ve yeni problemlerle karşılaşılarak ilerleme kaydedilmiştir. Toplu katılımla beraber karşılaşılan yeni problemlere karşı yapılacak iyileştirmeler ile inovatif fikirlerin oluşmasına ve bunların hayata geçirilmesine olanak sağlamıştır.

Fabrikada kullanılacak bakım programında olması gereken özellikleri belirlemek amacıyla farklı pozisyondan 5 kişilik ekip tarafından toplantılar düzenlenerek gerekli olan kriterler belirlenmiştir. Belirlenen kriterleri sağlayan bakım programı yazılımının seçimi Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak yapılmıştır. Bu aşamada üç adet bakım yazılımı- bir bakım programında olması gereken özellikler bakımından- karşılaştırılmış olup AHP yardımıyla işletmeye uygun bakım programı seçilmiştir. Bu işlem gerçekleştirilirken üç yazılımın her bir özellik yönünden karşılaştırılma detayları ve sonuçları açıklanmıştır.

Firmaya uygun bakım programının seçilmesine müteakip seçilmiş yazılımın, bir bakım programında olması gereken özelliklerden hangilerini

sağladığı üzerinde durulmuş, yorumlanmıştır. Konu ile ilgili tablo hazırlanıp görselleştirilmiştir. Seçilmiş yazılımın sağladığı özelliklerin nasıl geliştirileceği üzerinde durulmuş, düşünceler belirtilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Toplam verimli bakım hususunda gerçekleştirilen çalışmalara göz atıldığında özellikle 2000'ler sonrasında ele alınıp yapılan araştırma ve çalışmalar sayısının hızla artmış olduğu gözlenmektedir. Başta üretim tesisleri olmak üzere, değişik iş kollarında da farklı ölçekte pratikleri olan TVB kavramı ile ilgili, özellikle gerçekleştirilen uygulamaların şirketlere uyum süreci ve kazandırdıkları hususunda çalıştaylar mevcuttur. Çalışmanın bu kısmında, toplam verimli bakım konusunda ulusal ve uluslar arası düzeyde gerçekleştirilen çalışmalardan bazılarına ilişkin bilgiler paylaşılmıştır.

1950'li yılların başında ortaya çıkan "Arıza Bakımı" işlemlerinde süreç ve makinelerde oluşan problemlerde bakım personeline ulaşılıyordu. Müteakip yıllarda ortaya çıkarılan "Koruyucu Bakım", "Verimli Bakım", 1970'li yılların başında Japonya'da "Toplam Verimli Bakım" kavramı olarak ele alınmaya başlandı. 1971 yılında J.I.P.E. olarak adlandırılan "Japanese Institute of Plant Engineers" bu üretkenlik ve kalitenin üst seviyelerini zorlayan yönteme "Toplam Verimli Bakım" ismini verdi (Güven, 2011).

1980'li yıllara doğru Chuo Spring isimli işletmede, adım adım mini grup çalıştayları başlatılmıştı. 1981 yılında "Tokai Rubber" isimli işletmelerinde operatörlerin sistemli bakım faaliyeti uygulaması için, model "7 Adım Programı" oluşturulmuş ve önemli faydalar sağlanmıştır. Bunu takip eden zamanlarda TVB sistemini gerçekleştiren işletmeler gün geçtikçe çoğalmaya başlamıştır. Bunun nedeni söz konusu sistemin işletmelerin çalışma şartlarını iyileştirilmesi ve ileri götürülmesi sağlanmasında, personelin sahip olduğu bilgi ve becerilerinin ortaya çıkarılması ve artırılmasında oldukça önemli rol oynadığı saptanmıştır. TVB kavramları, firmalarda oluşturduğu bilgi birikimi ile de devamlı olarak gelişmesi sürdürülmüştür (Suzuki, 2014).

Miyake ve diğerlerinin (1995) bildirdiğine göre, üretim sistemlerinin gelişme katetmesinde tamamlayıcı adımlar olan istenen zamanda üretim, toplam verimli bakım ve toplam kalite kontrol kavramlarını ve ortak özelliklerini ele almışlardır. TVB ödülünü hak kazanan şirketlerden, kırka yakın kurum ve/veya kuruluşta hangi tür adımların atıldığını konu almışlardır.

Blanchard (1997), imalat sektöründe toplam verimli bakım uygulamaları için bir yöntem geliştirerek, genel teçhizat verimliliğinde artış ve maliyetlerde düşme sağlamıştır.

McKone, Schroeder ve Cua (1999), gerçekleştirdikleri çalışmada, toplam verimli bakım adımlarının üretim performansında gerçekleştirdiği değişimleri incelemişlerdir. TVB ve üretim performansı arasında konstrüktif benzeşim modeli temelli bir yapı oluşturarak doğrudan ve dolaylı ilişkilere tam zamanında üretim durumunda değinmişlerdir.

Kodali ve Chandra (2001), TVB gereksinimlerini çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan analitik hiyerarşi sürecini (AHP) kullanarak tasarlamışlardır. Gerçekleştirilen önceliklerin TVB kapsamındaki izlemsel ve işlemsel uygulamalarda faydalınabileceğini öne sürmüşlerdir.

Park ve Han (2001), toplam üretken bakım uzun dönem yararları ve firmaya kazandırdıklarını ele alarak, TVB'nin yarışmaya etkisi durumunu ele almışlar, buna ek olarak başarılı bir TVB çalışması için ara yüz modellemişlerdir.

Giyici (2007), üretim sektöründeki firmalarda toplam üretken bakım çalışmalarını gerçekleştirerek, maliyette azalma ve problemlerde düşüş olduğunu gözlemlemiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Çalışmanın ana materyallerine ve çalışmada kullanılan yöntemler üzerine bilgilere bu bölümde yer verilmiştir.

3.1. Materyal

Çalışmanın temel materyalini Türkiye'de 6 adet tesisi bulunan bir yem fabrikasının (ABCD Firması) üretim süreci oluşturmaktadır. Söz konusu şirket seçilirken üretim süreçleri, bakım faaliyetleri ve örgütsel yapılanmaları incelenmiştir. Bunlara ek olarak şirketin inovatif faaliyetleri de gözlemlenmiştir.

3.1.1. Veriler

Çalışmanın bu bölümünde A, B, C yazılımlarında aranacak kriterlerden bahsedilmiştir.

Bir Bakım Programında Olması Gereken Özellikler

Bakım programında olması gereken özellikleri belirlemek adına bir çalıştay kurulmuştur. Bu çalıştayda 5 kişilik ekip görev almıştır. Bu ekip bakım formeni, bakım (makine) mühendisi, üretim (endüstri) mühendisi, üretim (elektronik mühendisi) ve satın alma (ziraat mühendisi) müdürlerinden oluşmaktadır. Bahse konu kriterler aşağıda belirtilmiştir:

Personel Tanımlama: Tesise ait tüm personelin programdaki yetkileri, görevli olduğu bölüm, görevleri, ad soyadı vb. gerekli olabilecek tüm bilgilerinin kayıt edileceği sayfa olmalıdır.

Makine Tanımlama: Süreçteki tüm makinelerin bilgilerinin kaydedileceği sayfa olacaktır. Makine kodu, makine adı, marka ve modeli, işletmeye alındığı tarih, imalatçı, imalat tarihi, teknik özellikler, varsa periyodik bakım bilgileri, varsa en son bakım yapıldığı tarih, hangi firma tarafından bakım yapıldığı / yapılacağı bilgilerini barındırmalıdır.

Malzeme Tanımlama: Bakım onarım için kullanılacak tüm malzemelerin, barkod no, malzeme adı, raf bilgisi, açıklama, kritik stok miktarı, mevcut stoktaki miktarı, hangi fabrikada bulunduğu vb. bilgilerin tanımlanacağı sayfadır. Birden

fazla tesis varsa ayrıca merkez stok bölgesi tanımlanabilir: pahalı parçadan 6 tane alıp 6 fabrikada stokta tutmaktansa 1 tane alıp merkez seçilen depoda stokta tutulabilir.

Dışarıdan İş Yaptırılan (Müteahhit) Firmalar: Periyodik bakımlar vb. hizmetlerin alındığı firmalar tanımlanmalıdır. (Rulman firmaları, Kayış firmaları vb sınıflandırılması) Kullanılacak malzeme rulman seçilirse rulman satın alınabilecek firma adları listelenebilir.

Arıza Tanımlama: Fabrikada çıkan arıza çeşitlerinin tanımlanacağı, gruplandırılacağı sayfadır.

İş Güvenlik Malzemelerinin Bakım İşlemlerine Atanması: Arıza çeşitlerine göre uygulanması gereken bakım faaliyetleri, bakım faaliyetinin ortalama tahmini bitirilme süresi, bu faaliyetlerin uygulandığı sırada kullanılması gereken iş güvenlik malzemelerinin tanımlanacağı sayfadır (Periyodik Bakımlar da içermelidir).

İş Emri Oluşturma: İş emri oluşturabilir yetkisi verilmiş kullanıcı iş emri oluşturabilecektir. İş Emri No (Otomatik oluşturulur), tarihi, kim tarafından oluşturulduğu, departmanı, öncelik kodu, ekipman kodu, üretimin durdurulması gerekiyor mu, hasarın türü bakım tipi, bakım sebebi, iş emrinin tanımına ait gerekli her bilginin oluşturulacağı sayfadır.

İş Emrinin İşleme Alınması: Bakım ve/veya İşletme Şefi yetkisi verilen kullanıcının oluşturulan iş emirlerini takip edebileceği, ilgili işe personel atayacağı ve o iş için gerekli izin evraklarının hazırlanacağı sayfadır.

Yatırım Takip: Fabrikanın malzeme satın alma süreçlerinde hangi firmalardan hangi alım için hangi fiyat tekliflerini topladığı, bu tekliflerin taratılıp yüklenebileceği bölümdür.

Sözleşmeler: Fabrikanın diğer kurum /şahıslarla yaptıkları sözleşmeleri taratıp yazılıma yükleyip gerektiğinde hızlıca ulaşabileceği kısmıdır.

Raporlar ve Grafikler: Tüm bu süreçte kayıt altına alınan tüm bilgilerin detaylı bir şekilde raporlanabileceği sayfadır.

3.2. Metot

Çalışmada bakım programı özelliklerinin önceliklendirilmesi ve uygun bakım programının seçilmesi için AHP yöntemi kullanılmıştır. AHP, ikili karşılaştırmalara dayanan çok kriterli bir karar verme metodudur. AHP metodu, niteliksel ifadelerin bir çok adımdan oluşan hesaplamalar neticesinde niceliksel hale dönüştürülmesine dayanır ve literatürde sıkça kullanılan bir metottur. İlgili metod Saaty tarafından 1980 yılında geliştirilmiştir (Saaty, 1980)

Çizelge 1. AHP Temel Ölçek Sıkalası

Önem Derecesi	Açıklama
1	İki Seçenekte eşit derecede öneme sahiptir
3	Bir kriter diğerine karşı orta derecede daha üstündür
5	Bir kriter diğerine karşı güçlü derecede daha üstündür
7	Bir kriter diğerine karşı çok güçlü derecede daha
9	Bir kriter diğerine karşı aşırı düzeyde daha üstündür
2,4,6,8	İki ardışık yargı arası değerler

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

Çalışmanın bu aşamasında AHP ile yazılım seçimi yapılmış olup sonuçlar değerlendirilmiştir. Yazılım seçimi şu şekilde olmuştur:

4.1.1. AHP Sonuçları

Şirketin konu ile ilgili yetkin ekibi tarafından belirlenmiş 11 özellik karşılaştırılmış olup Çizelge.2 içerisinde kriterler ve nihai ağırlık tablosunda gösterildiği üzere "Makine Tanımlama" kriteri bakım takip programı için en değerli (Wi = 0,272723) özellik olmuştur. Ayrıca tutarlılık oranı CR=0,0896 (CR< 0,1) olduğundan karar verici uzmanların karşılaştırma matrisine verdikleri cevapların tutarlı olduğunu gösterir.

Çizelge 2. Bakım Programı Kriterleri Karşılaştırılması

BAKIM KONTROL YAZILIMINDA OLMASI GEREKEN ÖZELLİKLER KARŞILAŞTIRMASI	
Kriter	**Nihai Ağırlığı**
Makine Tanımlama	0,272723
Arıza Tanımlama	0,154213
Malzeme Tanımlama	0,152681
İş Emri Oluşturma	0,109101
İş Emrinin İşleme Alınması	0,109101
Raporlar ve Grafikler	0,056802
Personel Tanımlama	0,053647
Dışarıdan İş Yaptırılan (Müteahhit) Firmalar	0,027503
Yatırım Takip:	0,027331
Sözleşmeler:	0,018712
İSG Malzemelerinin Bakım İşlemlerine Atanması	0,018188

Uygun bir bakım programı seçiminde en değerli üç kriter "Makine Tanımlama", "Arıza Tanımlama" ve "Malzeme Tanımlama" olmuştur. Tüm kriterler açısından A, B, C yazılımlarının ikili karşılaştırması yapılmıştır. Bunlardan en önemli üç kriter için karşılaştırmalı AHP tablosu sonucu Çizelge 3., 4. ve 5.'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.'te bakım programının "Makine Tanımlama" özelliği bakımından A, B, C yazılımlarının karşılaştırması yapılmıştır. Yazılımların ikili karşılaştırma matrisinde görüldüğü gibi bu özellik adı altında A yazılımı en yüksek ağırlığa sahip yazılım olup, ikinci B ve üçüncü olarak C yazılımı değerlendirilmiştir. İlgili tablo tutarlılık oranı CR= 0,0136 (CR< 0,1) olduğundan karar verici uzmanların karşılaştırma matrisindeki cevaplarının tutarlı olduğunu gösterir.

Çizelge 3. A, B, C Yazılımlarının Makine Tanımlama Özelliği Açısından İkili Karşılaştırması

MAKİNE TANIMLAMA ÖZELLİĞİNE GÖRE YAZILIMLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	
Kriter	**Nihai Ağırlığı**
A YAZILIMI	0,739594
B YAZILIMI	0,166593
C YAZILIMI	0,093813

Çizelge 4.'te bakım takip programının "Arıza Tanımlama" özelliği bakımından A, B, C yazılımlarının karşılaştırması yapılmıştır. Yazılımların ikili karşılaştırma matrisinde görüldüğü gibi "Arıza Tanımlama" özelliği adı altında A yazılımı en yüksek ağırlığa sahip yazılım olup, ikinci C, üçüncü olarak B yazılımı değerlendirilmiştir. İlgili tablo tutarlılık oranı CR= 0,0068 (CR< 0,1) olduğu için karar verici uzmanların karşılaştırma matrisine verdikleri cevapların tutarlı olduğunu gösterir.

Çizelge 4. A, B, C Yazılımlarının Arıza Tanımlama Özelliği Açısından İkili Karşılaştırması

ARIZA TANIMLAMA ÖZELLİĞİNE GÖRE YAZILIMLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	
Kriter	**Nihai Ağırlığı**
A YAZILIMI	0,669417
B YAZILIMI	0,087946
C YAZILIMI	0,242637

Çizelge 5.'te bakım takip programının "Malzeme Tanımlama" özelliği bakımından A, B, C yazılımlarının karşılaştırması yapılmıştır. Yazılımların ikili

karşılaştırma matrisinde görüldüğü gibi bu özellik adı altında A yazılımı en yüksek ağırlığa sahip yazılım olup, ikinci C, üçüncü olarak B yazılımı değerlendirilmiştir. İlgili tablo tutarlılık oranı CR= 0,0036 (CR< 0,1) olduğu için karar verici uzmanların karşılaştırma matrisine verdikleri cevapların tutarlı olduğunu gösterir.

Çizelge 5. A, B, C Yazılımlarının Malzeme Tanımlama Özelliği Açısından İkili Karşılaştırması

MALZEME TANIMLAMA ÖZELLİĞİNE GÖRE YAZILIMLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	
Kriter	**Nihai Ağırlığı**
A YAZILIMI	0,648329
B YAZILIMI	0,12202
C YAZILIMI	0,229651

Bir bakım programının sahip olması gereken, yukarıda belirlenmiş, 11 adet özellik üzerinden 3 adet farklı bakım programı karşılaştırılmıştır. Değerlendirmelere göre; Çizelge 6.'da Sonuç Tablosu gösterilmiştir. Sonuç tablosu incelendiğinde, nihai olarak en yüksek ağırlığa sahip olduğundan kullanılacak yazılım olarak A Yazılımı seçilmiştir. 7/24 çalışan ABCD işletmesi için kullanılması gerekendir.

Çizelge 6. AHP İle Bakım Yazılımı Seçimi Sonuç Tablosu

SONUÇ TABLOSU	
A YAZILIMI	**0,663109**
B YAZILIMI	0,138874
C YAZILIMI	0,198018

4.1.2. Bakım Programı Özelliklerinin A Yazılımı İle Karşılaştırılması

A Yazılımı ABCD Yem fabrikasında seçilmiş olarak belirlenmiştir. Çizelge 7.'de Bakım programının her bir özelliği seçilen A yazılımı ile karşılaştırılmıştır. Bu tablo sayesinde seçilen/kullanılan yazılımın hangi özellikleri sağladığı gösterilmiştir.

Çizelge 7. Bakım Programı Kriterleri İle A Yazılımı Karşılaştırması

Bakım Programı Özellikleri	**A Yazılımının Sağladığı özellikler**	**Düşünceler**
Personel Tanımlama	Var	Yetki sınırlandırılmalı

Makine Tanımlama	Var	Tanımlama sonrası kontrol olmalıdır.
Malzeme Tanımlama	Var	Farklı departmanlar (MRO) son kontrolü olmalı.
Dışarıdan İş Yaptırılan	Var	Firma Kartı eklenebilir
Arıza Tanımlama	Var	Her yeni eklenen eskileri ile kıyaslanmalı
Bakım, Bakımlarda Uygulanacak	Var	Listede olmayanı ekleme hakkı kullanıcıya verilebilir
İş Emri Oluşturma	Var	Sadece bakım personeli değil yetkili herkes oluştırabilmeli
İş Emrinin İşleme Alınması	Var	Doğru kişiye atama
Yatırım Takip	Var	Kullanıcı sınırlandırması
Sözleşmeler	Var	Gözlem yetki sınırlama
Raporlar ve Grafikler	Var	Herkes tarafından görünmeli

Yukarıdaki tablo sayesinde seçilen/kullanılan yazılımın hangi özellikleri sağladığı, ilave yorumlar ile gösterilmiştir. Buna göre A Yazılımı incelendiğinde;

- Personel Tanımlama özelliği var; fakat verilen yetkiler görev ve pozisyon bazlı sınırlandırılmalı.
- Makina tanımlama özelliğinin olmasının yanında, yapılan her işlem sonrası bir üst yetkili girişi yapılan makinanın özelliklerini kontrol edip, onaylamalı.
- Malzeme tanımlama işlemlerinin girişlerinin ve onay aşamalarının ardından girişi yapandan farklı bir departman (MRO) tarafından son kontrolü yapılmalıdır.
- Müteahhit firmalara yaptırılan her iş için alt yüklenici kartı oluşturulmalı.
- Tanımlanan arızalar müteakip arızaların önerisi olmalı.
- Bakımlarda Uygulanacak İşlemler, Bakımlar Sırasında Kullanılacak İş Güvenlik Malzemeleri adımında yeni malzeme girişi sisteme girişler yapılma esnasında listeden seçme dışında listeye eklenebilmelidir
- İş emri oluşturma yetkisi genişletilmelidir. Bu durum TVB'nin amaçlarından birisi olan herkesin katkıda bulunması adımının sağlayıcısıdır.
- İş emri işleme alınırken doğru kişiye atanmasının kontrol adımı olmalıdır.
- Yatırımlar safhası belirli kullanıcılar (minimum ilgili orta düzey yönetici) tarafından incelenmeli, işlem yapılabilmelidir.
- Sözleşmelerin genelde son maddelerinde bulunan parasal bölümlerin görünme yetkisi sınırlandırılmalıdır. Teknik detaylar ve iş süresi gibi kısımlar her kullanıcı tarafından görüntülenebilir.

- Raporlar ve grafikler tüm kullanıcılar tarafından incelenebilmelidir.

4.2. Tartışma

Çalışmada öncelikle bir bakım programında olması gereken özellikleri belirleyecek ekip oluşturulmuştur. Bu ekip alanında uzman personellerden seçilmiş olup düzenli toplantılar sonucu kriterleri belirlemiştir. Ekibin farklı departmanlarda görev yapan personellerden oluşturulması düşünce çeşitliliğini sağlamıştır. Farklı düşünceler birarada buluşarak doğru kriterlerin buluşulması sağlandı. Mavi-beyaz yaka ayırt edilmeden sisteme katkıda bulunmasının sağlanması TVB prensiplerine uyulduğunu gösterir. Miyake ve diğerlerinin (1995) bildirdiğine göre, Toplam verimli bakım kavramı en kabul edilen anlamda "tüm çalışanların katılımının ön görüldüğü, küçük grup faaliyetleri aracılığı ile gerçekleşen verimli bakım" şeklinde açıklanmıştı. Çalışmanın bu özelliği söz konusu açıklamayı doğrulamaktadır.

Kriterlerin belirlenmesinin ardından AHP ile yazılım seçim aşamasına geçilmiştir. Bunu yaparken ağırlık bakımından en önemli kriter gözlemlenmiştir. Bu özellik firma için seçilecek bakım yazılımının olmazsa olmazıdır. Kriter adı "makina tanımlama"dır. Herhangi bir yazılımda bunun olmaması kesinlikle elimine edileceğinin göstergesidir. Tez çalışmasının AHP kullanılan bu kısmı ve devamı Kodali ve Chandra (2001) tarafından gerçekleştirilen, TVB gereksinimlerini çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan analitik hiyerarşi prosesini (AHP) kullanarak tasarlama ve gerçekleştirilen önceliklerin TVB kapsamındaki izlemsel ve işlemsel uygulamalarda faydalınabileceğini öne sürme çalışması ile paralel durumdadır.

A yazılımı seçildikten sonra yapılan ilk işlem belirlenmiş 11 kriterin A yazılımında bulunup bulunmaması olmuştur. A yazılımı tüm kriterleri barındırmakla beraber, çeşitli iyileştirmeler yapılması gereği Çizelge 8. 'de gösterilmiştir. Çizelge gösterimi sonrası üzerinde durulması gerek konular şudur:

Personel tanımlama kriteri için yetki sınırlandırması; makine tanımlama için kontrol aşaması; malzeme tanımlama adımı sonrası konu ile ilgili farklı departman kontrolü; müteahhit formalar için sistemde firma kartı tanımlaması; arıza tanımlama aşaması için öncekilerle kıyaslama kutucuğu; bakım ve İSG malzemeleri için yeni ekipman ekleme özelliği; iş emri oluşturuken yetki sınırsızlığı (herkesin katkıda bulunması amacı); iş emri işleme alınırken doğru personele atama yapılması; yatırım takip adımında kullanıcı erişim sınırlaması; sözleşmeler adımında gözlem yetki sınırlaması ve raporlar ve grafikler bölümü için yetki ve yorum özgürlüğüdür.

Miyake ve diğerlerinin (1995) bildirdiğine göre, Toplam verimli bakım kavramı en kabul edilen anlamda "tüm çalışanların katılımının ön görüldüğü, küçük grup faaliyetleri aracılığı ile gerçekleşen verimli bakım" şeklinde açıklanmış idi.

Park ve Han (2001) tarafından gerçekleştirilen, toplam üretken bakım uzun dönem yararları ve firmaya kazandırdıklarını, TVB'nin rekabete etkisi durumunu ele alma, buna ek olarak başarılı bir TVB çalışması için ara yüz modelleme işleminin sonuç olarak benzeri bu çalışmada uygulanmıştır.

McKone ve diğerleri (1999) tarafından gerçekleştirdikleri çalışmada, toplam verimli bakım adımlarının üretim performansında gerçekleştirdiği değişimleri incelenmişti. TVB ve üretim performansı arasında konstrüktif benzeşim modeli temelli bir yapı oluşturarak doğrudan ve dolaylı ilişkilere tam zamanında üretim durumunda değinmişlerdi. Bu çalışmada performans ölçütlerinde gösterilen ve yükleme verimliliğini artıran tasarım dolayı olarak üretim verimliliğini de artırarak yukarıdaki çalışmayı doğrular nitelikedir. Çünkü üretim ve mamül sevkiyatı birbirine bağlı bir bütündür.

Giyici (2007), üretim sektöründeki firmalarda toplam üretken bakım çalışmalarını gerçekleştirerek, maliyette azalma ve problemlerde düşüş olduğunu gözlemlemişti. Maliyette azalma dışında söz konusu kısımdaki problemlerdeki kısım operatörleri ve amirleri tarafından da gözlemlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Çalışmada bir bakım takip yazılımında olması gereken özellikler firma tarafından kurulan bir ekip tarafından belirlenmiş ve bu özelliklerden en önemlisi AHP ile çıkarılmıştır. Ekip üyeleri kendi alanlarında uzman çalışanlardır. Her çalışan yazılımda olması gereken özellikleri belirlerken kendi uzmanlık alanlarına göre saptamalar yapmış, belirlenen her özellik tüm üyeler arasında yapılan toplantılarda tartışılmış; kriter isimleri ve detayları beraber alınan kararlar neticesinde sonuca bağlanmıştır. Kriterler belirlendikten sonra sıralamaya koyulmuş on bir özellikten sistem simüle edilmiştir. Belirlenen on bir adet özellikle ilgili AHP ile yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda "makine tanımlama" özelliği 0,272723 ağırlık ile seçilecek bakım programı için en değerli kriter, "arıza tanımlama" özelliği 0,154213 ağırlık ile ikinci ve "malzeme tanımlama" özelliği 0,152681 nihai ağırlık ile üçüncü değerli kriter olarak hesaplanmıştır.

3 farklı yazılım tipi yukarıda bahsedilen özelliklere göre karşılaştırılmış ve en değerli yazılım AHP ile seçilmiştir. Bu aşamada tüm yazılımlar da ikili karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilmiş ve kriter bazlı en yüksek değere sahip yazılımlar belirtilmiştir. Bakım programında olması gereken tüm özellikler A yazılımında bulunsa da özelliklerden bir tanesinde (Dışarıdan İş Yaptırılan (Müteahhit) Firmalar)) A yazılımı ağırlık olarak en değerli yazılım olarak değerlendirilmemiştir.

Seçilen yazılım ile bakım programında olması gereken özellikler karşılaştırılmıştır. A yazılımının istenen tüm özellikleri içerdiği görülmüştür. Buna rağmen her kriterle ilgili A yazılımında geliştirilmesi gereken detaylar Çizelge 7 "Düşünceler" kısmında belirtilmiştir.

Seçilen yazılımın sistemde nasıl çalıştığını gözlemlemek amacıyla sistem diyagramı oluşturulmuştur. Sistem diyagramı üretim verimliliğinde direkt etkisi bulunan bakım sürecine göre oluşturulmuş, üretim süreci ile bağlantısı belirtilmiştir.

Yukarında belirtilen işlemlerden sonra sistem diyagramında karşılaşılan problemler ele alınmıştır. Bu kısımda SD'nin son süreci olan "Kalite Takip, Son Ürün Numune Alımı" alt sürecinde bakım takip programının eksiksiz uygulanmasına engel olan verimlilik problemi saptanmış ve çözüm sürecine geçilmiştir. Süreçte yaşanan problemler üzerinde durulmuş, bunlarla ilgili performans ölçütleri belirlenmiştir. Çözüm aşamasında örnek alım kiti tasarlanmış ve projeye dönüştürülmüştür. Proje amaçları, faydaları ortaya konmuştur. Projelendirme sonrası performans ölçütü sonuçları da paylaşılmış, değerlendirilmiştir. Hayata geçirilen proje sayesinde hem sistem iyileştirilmiş hem de bakım takip yazılımı doğru işlemeye başlamıştır.

Çalışmada 7/24 çalışan işletmenin sürecine Toplam Verimli Bakım uygulama işlemi yapılmıştır. Toplam verimli bakımın da yapıtaşı tıpkı yukarıda bahsedilen sistem gibi çalışandır. Tüm çalışanların katkıda bulunabileceği, bu katkının firma içi departman ile başlayıp şirkete, sektöre ve ardından ülkeye faydası olacağı yadsınamaz gerçektir.

Sonuç olarak TVB ile başlayan bu sürecin kaizen, inovasyon kavramlarına kadar erişildiği gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

Ahmed, S., M.Hj. Hassan ve Z. Taha. "TPM Can Go Beyond Maintenance: Excerpt from a Case Implementation", Journal of Quality in Maintenance Engineering, XI, 1, 2005, 19–42.

Blanchard, B. S., (1997), "An Enhanced Approach for Implementing Total Productive Maintenance in The Manufacturing Environment", Journal of Quality in Maintenance Engineering, 3, 2, 69-80.

Giyici, A., (2007), "ASSAN-Alüminyum Değişimdeki Mükemmellik", 8. Mükemmelliği Arayış Sempozyumu, İzmir.

Güven Kaan , Periyodik Bakım Yapan Bir Tekstil İşletmesinde Bilgisayar Destekli Toplam Verimli Bakıma Geçiş ve Kaliteye Etkisi , Kayseri 2011

Kodali, R., and Chandra, S., (2001), "Analytical Hierarchy Process for Justification Of Total Productive Maintenance", Production Planning&Control, 12, 7, 695-705.

McKone, E. K., Schroeder, R. G., and Cua, K. O., (1999), "Total Productive Maintenance: A Contextual View", Journal of Operations Management 17, 123-144.

Miyake, D.I., Enkawa, T., and Fleury, A. C. C., (1995), " Improving Manufacturing Systems Performance By Complementary Application of Just-In-Time, Total Quality Control and Total Productive Maintenance Paradigms ", Total Quality Management, 6, 4, 345-363.

Park, K. S., and Han, S. W., (2001), "TPM-Total Productive Maintenance: Impact on Competitiveness and a Framework for Successful Implementation", Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 11, 4, 321-338.

Saaty, T.L., 1980. The analytic hierarchy process. New York: McGraw Hill. International, Translated to Russian, Portuguese, and Chinese, Revised editions, Paperback (1996, 2000), Pittsburgh: RWS Publications.

Suzuki, Tokutaro. TPM In Process Industries, Oregon, USA. (2014)

ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNİN ELEKTRİK DAĞITIM SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI

Fehmiye Nur Kubat*

**Gazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği, Ankara, Türkiye*

E-mail: fehmiyenuryilmaz@gmail.com

Prof. Dr. Bilal Toklu**

***Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği, Ankara, Türkiye*

E-mail: btoklu@gazi.edu.tr

Özet: Rekabet ortamının zirve yaptığı günümüz dünyasında var olan ve gelecekte de varlığını sürdürmek isteyen çeşitli sektörlerin öncü firmaları, her geçen gün kendilerinden ve rakiplerinden daha iyi olmaya çalışmaktadırlar. Bu firmalar, kendilerini ön plana çıkarmak için özellikle ulaştırma, taşıma ve dağıtım gibi müşterilerle direkt temasta bulundukları süreçleri iyileştirmek ve etkili şekilde yönetmek istemektedirler. Bu yüzdendir ki araç rotalama problemlerinden dağıtım ve lojistik süreçleri başta olmak üzere birçok ortamda yaygın olarak faydalanmaktadırlar.
Günlük hayatta karşılaşılan problemlerin çözümüne uygulanabilirliği göz önüne alındığında, araç rotalama problemlerinin kullanılabileceği sektörlerden bir tanesinin de elektrik dağıtım sektörü olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada; Ankara'da elektrik dağıtımı yapan bir firmanın günlük aktif olarak çalışan, mobil cihazlar yardımıyla meskenlere fatura bırakan endeks okuyucularının, rotalanması amaçlanmıştır. Araç rotalama problemindeki araç, okuyucu olarak düşünülmüş, günlük çalışma süresi kapasite ve gün içinde okuma yapmak için uğramaları gereken sayaç okuma birimi de durağa benzetilmiştir.

Literatürde okuyucu rotalama problemi için bir örnek bulunmamaktadır. Bu çalışmada; okul servisi rotalama problemi modellerinden yararlanılarak, okuyucuların günlük çalışma sürelerini aşmadan, okumaları gereken tesisatları okuyup, kat ettikleri mesafenin en azlanması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda ilgili matematiksel model geliştirilmiş olup Gams programında çözdürülmüş ve elde edilen sonuçlar firmanın mevcut durumuyla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Araç Rotalama, Elektrik Dağıtımı, Endeks Okuyucu, Sayaç Okuma Birimi

Giriş

Araç rotalama problemi (ARP); bir veya birkaç depodan hareket eden araçların müşterilere hizmet götürebilmek için takip etmeleri gereken en uygun rotaları belirlemeyi amaçlayan bir kombinatoryal eniyileme problemidir. Klasik ARP'de araçlar bir depodan çıkıp rotalarını tamamladıktan sonra tekrar aynı depoya dönmektedirler. ARP literatürde ilk olarak 1959 yılında Dantzig ve Ramser tarafından yer almıştır. Araştırmacılar bu çalışmalarında benzin istasyonlarına benzin dağıtımı sorunsalı üzerinde durmuşlar ve çözümü için ilk matematiksel programlama modelini kurmuşlardır. Daha sonra 1964 yılında, Clarke ve Wright, Dantzig-Ramser yaklaşımını geliştiren efektif bir sezgisel algoritma önermiştir. Başlarda çok fazla rağbet görmeyen ARP, şu an çoğu disiplindeki araştırmacının üzerinde çalıştığı bir alan haline gelmiştir (Toth, ve Vigo, 2002). Bu çalışmada açık uçlu ve kapasite kısıtlı araç rotalama problemi ele alınacaktır.

Açık Uçlu Araç Rotalama Problemi (AUARP) klasik ARP' nin bir uzantısı olmakla birlikte aralarındaki en büyük fark bu problem türünde araçların başladıkları noktaya tekrar dönme zorunluluğunun olmamasıdır.

Literatüre açık uçlu araç rotalama problemi adı ilk kez Sariklis ve Powell (2000, s. 564) tarafından eklense de Schrage, 1981 yılında yaptığı sınıflandırma çalışmasında kapalı ve açık rotalar arasındaki farkı ilk defa tarif eden isim olmuştur (Li, Golden ve Wasil, 2007, s. 2919; Yu, Ding ve Zhu, 2011, s. 10568). Sonrasında Bodin vd. (1981, s. 108) tarafından bir özel kargo şirketinin kargo uçaklarının rotalanması konusunda yapılan çalışmada bu tarz problem tipi çalışılmıştır. AUARP ismini literatürde ilk bahseden Sariklis ve Powell, cezalı en küçük örten ağaç (minimum spanning tree) isimli bir sezgiselle çözmeye çalışmışlardır. Aynı problem, 2004 senesinde tabu arama algoritması yani bir tek noktalı metasezgisel arama yöntemi ile çözülmeye çalışılmıştır (Brandão, 2004, s. 557). Fu ve diğerleri (2005, s. 270) ise bu probleme göre bir tabu arama sezgiseli geliştirmişlerdir. Bektaş ve Elmastaş (2007, s.1599-1604) çalışmalarında okul ARP'ni konu almışlar, doğrusal programlama modelini kurarak problemi çözmüşlerdir. Aksen, Özyurt ve Aras (2007, s. 1225) açık uçlu araç rotalama probleminin farklı bir türünü çalışmışlardır. Bu problemde araçlar müşteri noktalarındaki dağıtım veya toplama işlemlerini bitirdikten sonra sürücü düğümü ismi verilen noktalarda rotalarını bitirmektedirler. Fleszar, Osman ve Hindi (2009, s. 804), araç rotalama problemini çözebilmek için kendi geliştirdikleri etkili değişken komşuluk arama sezgiselini kullanmışlardır. Zachariadis ve Kiranoudis (2010, s. 712-723), zaman zaman çok fazla kaynak tüketen yerel arama işlemine farklı bir öneri getirmiş ve daha geniş komşulukları tarayan bir metasezgisel türetmişlerdir. Liu, Jiang ve Geng (2012, s. 404), açık uçlu araç rotalama problemlerinin bir farklı tarafını çalışmışlardır. Banos ve diğerleri (2013, s. 286-296), zaman pencereli ve kapasite kısıtlı AUARP ile ilgili çalışmışlardır. López-Sánchez ve diğerleri (2014, s. 104 - 113) faaliyet gösteren bir şirketin servis rotalarının optimize edilmesini konu alan bir reel hayat

problemi çözmüşlerdir. Yu, Jewpanya ve Redi (2016, s. 6-17), çapraz sevkiyat (cross-docking) adı verilen sevkiyat şeklinin etkili olduğu AUARP üzerinde çalışmışlardır. Ermutaf (2019) yüksek lisans tezinde konteyner yükleme problemi ve araç rotalama problemi üzerine çalışmış genetik algoritma kullanarak çözüme ulaşmıştır.

Bu çalışmada özel bir elektrik dağıtım şirketinin endeks okuyucu personellerinin okuma rotaları oluşturulmak istenmiştir. Bu rotalama için Ankara'nın Şereflikoçhisar ilçesindeki sayaç okuma birimleri kullanılacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde matematiksel model anlatılacaktır. Örnek uygulamadan üçüncü bölümde bahsedilecek olup son bölüm olan dördüncü bölümde yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirilecektir.

Bektaş Ve Elmastaş Modeli

Bektaş ve Elmastaş'ın önerdiği tamsayılı karar modelinde amaç toplam maliyeti ve mesafeyi minimize etmektir. Araç rotalama problemi, V düğüm seti ve A ayrıt setini gösteren bir $G = (V, A)$ simetrik uzaklık serimi üzerinde yer alan bir başlangıç noktası (0. düğüm) ve bir bitiş noktası arasında tüm düğümlerin herhangi bir araç tarafından yalnızca bir defa ziyaret edildiği ve bu uzaklık serimine bir sanal {d} noktası eklenerek her aracın en son bu noktaya uğramasının sağlandığı ($V' = V \cup \{d\}$) bir problem olarak modellenmiştir. Okuyucuların bulunduğu düğümler ara düğümler olarak isimlendirilmiş, bu düğümler kümesi I ile gösterilmiştir. Karar modelinde kullanılan kümeler, parametre ve karar değişkenleri şu şekildedir:

<u>Problemdeki kümeler</u>

I : Soblar (sayaç okuma birimleri)

"0" : Başlangıç noktası

"d" : Sanal nokta

$V = \{0\} \cup I$

$V' = \{d\} \cup V$

<u>Parametreler</u>

Q : Her bir okuyucunun (ortak) çalışma süresi (dk)

q_i : i. sobun okunma süresi ($i \in I$)

T : Bir okuyucunun max çalışma süresi (dk)

$$d'_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{Eğer } i \in I \text{ ve } j = d \\ M, & \text{Eğer } i \in 0 \text{ ve } j = d \\ d_{i,j}, & \text{d.d} \end{cases}$$

d_{ij} : i ve j sobları arasındaki uzaklık ($i \neq j$, $i, j \in V$)

<u>Karar değişkenleri</u>

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer servis aracı i düğümünden j düğümüne giderse} \\ 0, & \text{d.d} \end{cases}$$

u_i: i. sobdan çıkışta okuyucunun okuduğu toplam süre ($i \in I$)

v_i: i. soba kadar gelen okuyucunun başlangıç noktasından itibaren kat ettiği toplam mesafe ($i \in I$)

k : okuyucu sayısı

<u>Karar modeli</u>

$$\text{Minimize} \sum_{i \in V'} \sum_{j \in V'} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i \in I} x_{0i} \leq k \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} x_{id} \leq k \quad (3)$$

$$\sum_{j \in I \cup \{d\}} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I \cup \{d\}} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in I \quad (5)$$

$$u_i - u_j + Qx_{ij} + (Q - q_i - q_j)x_{ij} \leq Q - q_i \quad \forall i \neq j \in I \quad (6)$$

$$u_i \geq q_i \quad \forall i \in I \quad (7)$$

$$u_i - q_i x_{0i} + Qx_{0i} \leq Q \quad \forall i \in I \quad (8)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i,j \in V'$$

Modelde tek bir amaç fonksiyonu en iyilenmeye çalışılmıştır. Alında Bektaş ve Elmastaş modelinde toplam maliyet minimizasyonu da yer almaktadır fakat bu çalışmada böyle bir hedef olmadığı için modelden çıkarılmıştır. Ayrıca Bektaş ve Elmastaş modelinde toplam yol kısıtınada yer verilmiştir fakat yine bizim çalışmamızda böyle bir kısıt olmadığından modelden çıkarılmıştır.

Karar modelinin amaç fonksiyonu, (1) tüm okuyucular tarafından kat edilecek toplam mesafeyi göstermektedir. Söz konusu modelde (2) ve (3) numaralı kısıtlar, başlangıç (0) sobundan *k* tane okuyucunun çıkmasını ve aynı sayıda okuyucunun bitiş (d) sobuna girmesini sağlamaktadır. (4) ve (5) numaralı kısıtlar atama kısıtlarıdır ve her ara sobun sadece bir defa ziyaret edilmesini sağlamaktadır. (6), (7) ve (8) numaralı kısıtlar, kapasiteye ilişkin kısıtlardır. Burada (6) ve (7) no‟lu kısıt, Kara vd. (2004) tarafından önerilen kısıtlardır ve (8) no‟lu kısıt, Bektaş ve Elmastaş tarafından, okul araç rotalama problemi için özel olarak türetilen kısıttır ve bu 3 kısıt, birlikte herhangi bir rotada bir okuyucunun en fazla kapasitesi kadar okuma yapabilmesini sağlar. Bu kısıtlar aynı zamanda, problem için uygun olmayan turların (alt turların) oluşmasını da engeller. Burda oluşturululan sanal d noktası modelin kapalı rota gibi davranmasını sağlayarak okuyucuların rotalarının son bulmasına yardımcı olmaktadır.

Örnek Uygulama

Araç rotalama problemlerinin günlük hayata uygulanabilirliği göz önüne alındığında elektrik dağıtımı yapan bir firmadaki okuyucular için de kullanabileceği öngörülmüştür. Okuyucuların sahada elektrik faturası bırakmak için sayaçlardan tüketim bilgisi almalarına endeks okuma işlemi denilmektedir. Okuyucuların birbirine yakın koordinatlı tesisatlar kümesinden oluşan sayaç okuma birimlerini hangi sırada okuyacakları bu uygulama sonunda rotalanmış olacaktır.

Mevcutta elektrik dağıtım şirketi okuyuculara okuma siparişi oluştururken sayaç okuma birimlerine göre değil tesisat bazlı atama yaptığı için birden fazla okuyucu aynı sayaç okuma biriminde okuma yapabilmektedir. Bu da okuyucuların daha fazla mesafe kat etmelerine neden olmaktadır.

Uygulama Ankara'nın Şereflikoçhisar ilçesinin 73 sobunun 3 okuyucu tarafından, aylık çalışma sürelerini aşmadan okunmasının rotalanmasını amaçlamaktadır. Sobların birbirlerine olan uzaklıkları Google maps yardımıyla hesaplanmış Python'da uzaklık matrisi oluşturulmuştur. Problem GAMS programında çözdürülmüştür.

Mevcut rotalarda okuyucular toplamda 129.987 metre mesafe kat ederek tüm sobları okuyabilirken GAMS sonucu oluşan rotaların toplamı 51.322 metredir.

Sonuç

Mevcut düzende elektrik dağıtım şirketi tarafından okuyuculara atanan siparişler tesisat bazlı yapılmaktadır. Yani bir sobu bir okuyucu okumalı kuralı bulunmamaktadır. Bu da her okuyucu için kat ettiği mesafeyi arttırmaktadır. Ayrıca sipariş sıralamasının herhangi bir kurala bağlı kalmadan sadece tecrübelerle oluşturulması okuyucuların fazladan yol almalarına neden olmaktadır.

Literatürdeki araç rotalama problemleri çalışmalarında elektrik dağıtım sektöründe okuyucuların rotalanmasıyla ilgili bir örnek bulunamamıştır. Bu

durumda böyle bir konuda da araç rotalama problemlerinin kullanılabileceği görülmüş olup mesafede oldukça yüksek oranda bir iyileşme sağlanmıştır.

Kaynaklar

Aksen, D., Özyurt, Z. and Aras, N. (2007). The open vehicle routing problem with driver nodes and time deadlines. *Journal of the Operational Research Society*, 58(9), 1223–1234.

Baños, R., Ortega, J., Gil, C., Márquez, A. L., De Toro, F. (2013). A hybrid meta-heuristic for multi-objective vehicle routing problems with time windows. Computers and Industrial Engineering, 65(2), 286–296.

Bektaş T., S. Elmastaş (2007). Solving School Bus Routing Problems Through Integer Programming, Journal of the Operational Research Society, 1599-1604.

Bodin, L. D., Golden, B. L., Assad, A., Ball, M. (1981). The state of the art in the routing and scheduling of vehicles and crews. Washington, DC: US Department of Transportation.

Brandão, J. (2004). A tabu search algorithm for the open vehicle routing problem. European Journal of Operational Research, 157(3), 552–564.

Ermutaf, E., (2019), Çok Amaçlı Konteyner Yükleme Ve Araç Rotalama Problemlerinin Çözümü İçin Genetik Algoritma Yaklaşımı: Porselen Sektöründe Karar Destek Sistemi Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.

Fleszar, K., Osman, I. H. and Hindi, K. S. (2009). A variable neighbourhood search algorithm for the open vehicle routing problem. European Journal of Operational Research, 195(3), 803–809.

Fu, Z., Eglese, R. and Li, L. Y. O. (2005). A new tabu search heuristic for the open vehicle routing problem. Journal of the Operational Research Society, 56(3), 267–274.

Li, F., Golden, B. and Wasil, E. (2007). The open vehicle routing problem: Algorithms, large-scale test problems, and computational results. Computers and Operations Research, 34(10), 2918–2930.

Liu, R., Jiang, Z. ve Geng, N. (2012). A hybrid genetic algorithm for the multi-depot open vehicle routing problem. Springer-Verlag, 36(2), 401-421.

López-Sánchez, A. D., Hernández-Díaz, A. G., Vigo, D., Caballero, R., Molina, J. (2014). A multi-start algorithm for a balanced real-world Open Vehicle Routing Problem. European Journal of Operational Research, 238(1), 104–113.

Sariklis, D. and Powell, S. (2000). A heuristic method for the open vehicle routing problem. Journal of the Operational Research Society, 51(5), 564–573.

Toth P., Vigo D., (2002), The Vehicle Routing Problem, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia.

Yu, S., Ding, C. and Zhu, K. (2011). A hybrid GA-TS algorithm for open vehicle routing optimization of coal mines material. Expert Systems with Applications, 38(8), 10568–10573.

Yu, V. F., Jewpanya, P. and Redi, A. A. N. P. (2016). Open vehicle routing problem with cross-docking. Computers and Industrial Engineering, 94, 6–17.

Zachariadis, E. E. and Kiranoudis, C. T. (2010). An open vehicle routing problem metaheuristic for examining wide solution neighborhoods. Computers and Operations Research, 37(4), 712–723.

ELEKTRONİK BELGE YÖNETİM SİSTEMİ KULLANIMINDA ETKİLİ OLAN FAKTÖRLERİNTEKNOLOJİ KABUL MODELİ İLE İNCELENMESİ

Deniz Küçükkaya*

Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-mail: denizkucukkaya7@gmail.com

Prof.Dr. Ali Fuat Güneri*

Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-mail: guneri@yildiz.edu.tr

Özet: Kurumlarda iç faaliyetlerin ve dış kurumlar ile olan ilişkilerin sağlıklı yürütülmesi için her aşamada belge yönetimi büyük önem arz etmektedir. Belge yönetimi basılı olarak eski usullere dayalı yapıldığında; arşivleme faaliyetleri için harcanan iş gücü, kullanılan mekan ve kırtasiye işleri gereksiz görülmekte; bu harcanan çabaya rağmen bilgiye erişim de uzun zaman almaktadır. Bu sebeple belgelerin yönetimi için süreçleri yönetmenin iyi bir yolu olan "Elektronik Belge Yönetim Sistemi (EBYS)" kullanımı kurumlar için oldukça önemlidir. Ayrıca, bilgi ve telekomünikasyon teknolojilerindeki ilerlemeler de yönetimsel faaliyetlerde elektronik araçların etkin bir şekilde kullanılmasını tetiklemektedir.

Eski usullere dayalı belge yönetimine alışmış olan kullanıcıların/kurumların yeni bir sistemin kullanımıyla ilgili tereddütlerinin ve kaygılarının olması kaçınılmazdır. Bu tereddüt ve kaygıların yeni teknolojinin devreye alınma sürecine olan etkisi son zamanlarda literatürde sıklıkla işlenmiştir. Bu kapsamda, yeni bir teknolojinin kabul edilmesine yönelik kullanıcıların algı ve görüşlerini etkileyen faktörleri ve bu faktörler arasındaki ilişkinin durumunu belirlemek için Teknoloji Kabul Modeli (TKM) yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir.

Bu çalışmada, kamu kurumu çalışanlarının EBYS'yi kullanım düzeyi incelenerek, çalışanlarca kabulünü etkileyen faktörlerin belirlenmesi için Teknoloji Kabul Modelinde kullanılan ölçekler referans alınarak anket formu hazırlanmıştır. Yapısal Eşitlik Modeli kullanılarak çalışanların EBYS kullanım kabulünü etkileyen faktörlerin ve bu faktörler arasındaki ilişkinin belirlenmesi

amaçlanmıştır. Analizler için SmartPLS 3 paket programı ve anket yöntemiyle toplanan veriler kullanılmıştır. Araştırma sonucunda davranışsal niyetin gerçekleşen davranış üzerinde önemli oranda pozitif etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca algılanan fayda ve kulanım kolaylığı faktörlerinin davranışsal niyet faktörü üzerinde pozitif etkisinin olduğu değerlendirilmiştir. İşe uyum algılanan fayda üzerinde pozitif etkisinin olduğu araştırmadaki analizler neticesinde görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: EBYS, Teknoloji Kabul Modeli, Yapısal Eşitlik Modeli

1.Giriş

Günümüz rekabet ortamında bir adım öne geçebilmek adına teknolojiyi yakından takip edebilmek ve teknolojiye ayak uydurabilmek oldukça önemlidir. Teknoloji kapsamında sürekli elektronik ortama yönelim gösteren gelişmekte olan ülkelerin çoğu evrak yönetimi konularında da kâğıt evrak yönetim sistemi kullanımından elektronik ortama geçiş eğilimindedir. Buna ek olarak e-posta, web sunucularında depolanan veritabanı paketleri gibi elektronik belgelerin kullanımı da giderek artmaktadır. Belge yönetiminde elektronik ortama gidilmesiyle "EBYS (Elektronik Belge Yönetim Sistemi)" kavramı karşımıza çıkmıştır.Teknolojinin gelişimiyle EBYS uygulamalarının etkinliğinin artarak gelişmesi beklenir. Ancak bu bağlamda yeni teknolojinin kabulünde asıl önemli olan kullanıcıların uygulamayı kabul düzeyleri ve etkin kullanımıdır.

Ayrıca yapılan literatür taraması neticesinde; online alışveriş, kurumsal kaynak planlama, hastane bilgi sistemleri, bulut teknolojileri ve eğitim uygulamaları konularında birçok çalışmaya rastlanmıştır. EBYS'nin Teknoloji Kabul Modeliyle incelenmesi yönünde az sayıda çalışma bulunduğundan bu konu seçilmiş ve bu çalışmada analiz için yapısal eşitlik modeli kullanılmıştır.

Literatür incelendiğinde EBYS'nin implementasyonu ve bu aşamada kullanıcı davranışlarına yönelik araştırmaların mevcut olduğu saptanmıştır. Ancak EBYS'yi Teknoloji Kabul Modeli yönünden ele alan çalışmaların yetersiz olduğu gözlenmiştir. Bu konuya duyulan merak neticesinde çalışmanın problemi; "EBYS'nin kullanımı ve kabulüne yönelik faktörlerin neler olduğu ve bahse konu olan faktörler içinde belirlenen bir kısmının aralarında nasıl bir ilişki olduğu" sorusudur.

Daha önce yapılmış olan araştırmalar ışığında, ölçekler incelenerek bu çalışma için uygun olan ölçekler seçilmiştir. Bu araştırmanın amacı kamu sektöründeki kurum çalışanlarının EBYS'yi kabul ve kullanım düzeyinin incelenmesidir. Bunun için Teknoloji Kabul Modeliyle EBYS kullanıcılarının davranışlarını etkileyen faktörler incelenmiştir. Uygulama kapsamında işe uyum, algılanan fayda, kullanım kolaylığı, davranışsal niyet ve gerçekleşen davranış

değişkenleri ile model kurulmuştur. Bu faktörler belirlenirken; Davis(1989),Venkantesh ve Davis(2000),Delone ve McLean (2003), Hung ve diğ.(2006) çalışmaları referans alınmıştır.

2. Yöntem

Bu çalışmada EBYS kullanan kamu kuruluşlarındaki farklı pozisyon ve görevlerdeki çalışanları için; Teknoloji Kabul Modeli esas alınarak kabul düzeyine yönelik araştırma ve analizler yapılmıştır. EBYS kullanımını etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yüz yüze görüşme yapılarak ve bilgisayar ortamında online olarak e-mail yoluyla; ilgili verilerin edinilmesi anket aracılığıyla sağlanmıştır. EBYS'nin kullanıcılar tarafından kabulünü etkileyen faktörlerin tespiti ve modeldeki değişkenler arasındaki ilişkileri belirlenmesi amacıyla Yapısal Eşitlik Modeli(YEM) kullanılmıştır. YEM bağımlı bağımsız değişkenleri geniş bir çerçevede ele alan, teori bazlı bir model çeşididir. Yapısal eşitlik modeli ile iki ya da daha çok sayıdaki değişkenin ilişkisi beraber incelenerek; modelin yorumlanma ve analiz süresi daha pratik bir hal alır.Yücenur ve diğ. (2011).

Yapısal eşitlik modellemesi ölçüm modelinin test edilmesi ve yapısal modelin test edilmesi süreçlerini kapsar. Değişkenler ile değişkenleri oluşturan ölçek ifadelerinin ilişkilerini açıklayan modele ölçüm modeli denir. Ölçüm modeli testi için doğrulayıcı faktör analizi kullanılır. Doğrulayıcı faktör analizinde doğrulayıcı ifadesinin kullanılması önceden kurgulanan modelin test edilmesinden kaynaklanır. Modelde yer alan çok sayıdaki değişkenin birbiriyle ilişkilerini inceleyen modellere yapısal modeller denir. Aksay(2016).

2.1. Araştırma Modeli ve Hipotezleri

Model, literatür taraması sonucunda yapılan analiz sonuçlarına göre oluşturulmuştur. Davis ve diğ. (1989)'nin kullandığı model seçilerek; modelde bulunan değişkenlerin çalışmaya uygun olup olmamasına bakılmış ve farklı değişkenlerde eklenerek model genişletilmiştir.

Şekilde görüldüğü gibi modelde 5 ölçeğe ve 5 hipoteze yer verilmiştir. Her ölçeğe ait ölçek ifadeleri belirlenirken, Davis(1989),Venkatesh ve Davis(2000),Hung ve diğ.(2006), Delone ve McLean (2003),Cibaroğlu ve Turan(2018), Eren ve Kaya(2016), Cengiz(2018), Erdem (2011), Tat (2018), Yılmaz(2018), Esen ve Büyük (2014) çalışmalarından yararlanılmıştır.

Şekil 1. Araştırmanın Modeli

Aşağıda yararlanılan çalışmalar ve sonrasında bu çalışmalar referans alınarak kurulan hipotezler yer almaktadır;

Hu ve diğ. (2003), yaptıkları çalışmada "İşe Uygunluk", "Algılanan Fayda" ile "Niyet" arasında önem arz eden bir ilişkinin varlığını gözlemişlerdir.

H1: "İşe Uyum" faktörü "Algılanan Fayda" faktörünü pozitif bir biçimde etkiler.

Davis ve Venkatesh (2000), yaptıkları çalışmada kullanıcı kabulünü kazanabilmek adına, kullanıcılar tarafından sistemin kullanılmasıyla elde edilen sonucu, kullanım esnasında ilişkilendirmede zorluk çekilmemesi önemli bir husus olduğunu vurgulamışlardır.

H2: "Kullanım Kolaylığı" faktörü "Algılanan Fayda" faktörünü pozitif bir biçimde etkiler.

Özer, Özcan ve Aktaş (2010), bilgi teknolojileri konusunda yaptıkları araştırmada algılanan faydanın niyeti pozitif yönlü etkilediğini tespit etmişlerdir.

H3: "Algılanan Fayda" faktörü "Davranışsal Niyet" faktörünü pozitif bir biçimde etkiler.

H4: "Kullanım Kolaylığı" faktörü "Davranışsal Niyet" faktörünü pozitif bir biçimde etkiler.

Venkatesh ve diğ. (2003), yaptıkları çalışmada "Davranışsal Niyet" ile "Gerçekleşen Davranış" arasında doğrudan bir ilişki saptamışlardır.

H5: "Davranışsal Niyet" faktörü "Gerçekleşen Davranış" faktörünü pozitif bir biçimde etkiler.

3. Bulgular

3.1. Tanımlayıcı İstatistiksel Bulgular

Anketin ilk bölümde cinsiyet, yaş, eğitim durumu, çalışılan pozisyon ,bölüm ve EBYS kullanım süresi gibi değişkenlerin bulunduğu soruların cevaplanmasına yönelik elde edilen bulgular Tablo1'de özetlenmiştir.

Analiz kapsamında 179 ankete ait kayıp veri bulunmamaktadır. Değişkenlere ait analizler her değişken için ayrı olarak verilmiştir. Bu çalışmada verilerin analizi için "Smart PLS 3" paket programı kullanılmıştır.

Ankete katılan 179 kişinden 58'kadın, 121'i erkektir. Bu da ankete erkekler tarafından katılımın kadınlara nazaran fazla olduğunu gösterir.

EBYS kullanıcılarından; 24 yaş ve altı olan 3 kişi, 25-34 yaş aralığında 76 kişi, 35-44 yaş aralığında 54 kişi, 45-54 yaş aralığında 29 kişi ve 55 yaş üstü 17 kişi ankete katılım sağlamaktadır. %42 oranıyla ankete en çok katılımı 25-34 yaş aralığındaki bireyler sağlamıştır ve bu grubu %30,2 ile 35-44 yaş aralığındakiler takip etmektedir.

Anket katılanların 10'u lise, 20'si ön lisans, 110'u lisans, 34'ü yüksek lisans ve 5'i doktora mezunudur. 110 kişilik, %61,5'luk yüzde oranıyla anket en fazla lisans mezunlarının katıldığı gözlenmiştir.

Anket formu dolduranlardan 18 kişi İnsan Kaynakları Departmanında, 52 kişi İdari Hizmetlerde, 16 kişi Bilgi Teknolojileri Departmanında, 12 kişi Strateji Geliştirmede, 9 kişi AR-GE bölümünde, 21 kişi Pazarlamada, 21 kişi Finans'ta, 7 kişi Üretim Departmanında çalışmaktadır. Anket formunda bu bölümler dışında çalışanların seçim yapabilmesi için diğer alanı ankete eklenmiştir. Anket katılımcılarında 23 kişi diğer seçeneğini işaretlemiştir.

Tablo 1. Anket Katılımcılarına Yönelik Demografik Özellikler

Cinsiyet	**Katılan Kişi Sayısı**	**Katılımcı Yüzdesi**
Kadın	58	32%
Erkek	121	68%
Yaş		
24-Altı	3	1,7%
25-34	76	42,5%
35-44	54	30,2%
45-54	29	16,2%
55-Üstü	17	9,5%
Eğitim Durumu		

Lise	10	5,6%
Ön Lisans	20	11,2%
Lisans	110	61,5%
Yüksek Lisans	34	19,0%
Doktora	5	2,8%
Çalışılan Bölüm		
İnsan Kaynakları	18	10,3%
İdari Hizmetler	52	29,7%
Bilgi Teknolojileri	16	9,1%
Strateji Geliştirme	12	6,9%
AR-GE	9	5,1%
Pazarlama	21	12,0%
Finans	21	12,0%
Üretim	7	4,0%
Diğer*	23	13,0%

* Diğer alanında kalite güvence, satın alma, planlama gibi departmanlar yer almaktadır.

3.2. Ölçüm Modeline İlişkin Güvenirlik ve Geçerlilik Analizleri

3.2.1.İç Tutarlılık ve Yakınsak Geçerlilik Analizi

Churchill (1979); istatistiksel analizlerde ölçüm aracının testi için yapılacak öncelikli işin içsel tutarlılığın analizi olduğunu çalışmasında belirtmiştir. Analizin amacı, ölçeklere ait oluşturulan anket soruları arasındaki korelasyona bakılarak; bu soruların modeldeki değişkeni yani diğer bir ifade ile ölçeği yansıtıp yansıtmadığının kontrol edilmesidir.

İç Tutarlılık Güvenirliği için literatür incelendiğinde en yaygın yöntemin "Cronbach Alfa Katsayısı" olduğu görülmüştür. Özdamar (2004)'a göre alfa katsayısının kabul aralıkları şu şekildedir; 0-0,40 aralığında ise "ölçek güvenilir değil", 0,40-0,60 aralığında ise "ölçek düşük güvenirlikte", 0,60-0,80 aralığında ise "ölçek oldukça güvenilir" 0,80-1 aralığında ise ölçek "yüksek derecede güvenilirlikte."

Ayrıca birleşik güvenilirlik "CompositeRealibity"; birden çok sayıdaki, benzer ifadelerin güvenilirliğinin ölçümü için kullanılan bir diğer yöntemdir. (Raykov, 1998) "CompositeRealibity" değerinin de 0.7'den büyük olması istenilen güvenirlik ölçütünün sağlanması anlamına gelir. "Ortalama Açıklanan Varyans (AverageVarianceExtracted)"ın değişkene ait ölçek ifadelerinin toplam

yük karelerinin, ölçek ifadesinin toplamdaki sayısına bölünerek hesaplanır ve bu değerinde 0,5'ten büyük olması güvenirlik için kabul görür. (Yaşlıoğlu, 2017)

Tablo 2. Ölçüm Modeline Ait İç Tutarlılık Analize İlişkin Sonuçlar

	Cronbach's Alfa	**CompositeReliability(Birleşik Güvenirlik)**	**AverageVarianceExtracted (Ortalama Açıklanan Varyans)**
Algılanan Fayda	0.920	0.938	0.716
Davranışsal Niyet	0.879	0.925	0.805
Gerçekleşen Davranış	0.784	0.901	0.820
Kullanım Kolaylığı	0.866	0.903	0.653
İşe Uyum	0.892	0.933	0.823

"Algılanan Fayda", "Davranışsal Niyet", "Kullanım Kolaylığı", ve "İşe Uyum" ölçeklerinin Cronbach Alfa değerlerinin 0,8'in üstünde olması bu değişkenlerin yüksek ölçüde güvenilir olduğunun göstergesidir. "Gerçekleşen Davranış" değişkeninin Alfa katsayının 0,7 değerinin üstünde olması oldukça güvenilir olduğu göstermektedir.

Tabloda "CompositeReliability" yani birleşik güvenirlik katsayısı her değişken için 0,7 değerinin üstünde olduğundan güvenirlik ölçütünün sağlanmış olur. Yaşlıoğlu (2017).

Yakınsak geçerlilik analizi için "Ortalama Açıklanan Varyans" değerine bakılır.Bu değer her bir değişken için 0,5'ten büyük olduğundan güvenirlik şartı bu değere göre de sağlanmış olur. Yaşlıoğlu (2017).

3.2.2.İndikatör Güvenirliliği Analizi

İndikatör yani faktörlerin güvenirliliği için her bir ölçek ifadesine ait faktör yükü değerlerine bakılır. Literatür araştırması neticesinde faktör yükü değerinin 0,7'nin üzerinde olması ölçeklerin istenen değer kadar yüklendiklerinin göstergesidir.

Literatürdeki bazı araştırmalarda Büyüköztürk (2002); faktör yükü değerinin 0,6'dan yüksek olduğu taktirde kabul edilebileceği yönündedir. Bu sebeple ve AKK1 değişkenin faktör yükü değeri 0,7'ye çok yakın olduğundan bu değişken modelden çıkartılmamıştır.

Tablo 3. Değişkenlere Ait Faktör Yükü Değerleri

Değişken	Algılanan Fayda(AF)	Algılanan Kullanım Kolaylığı(AKK)
AF1	0.838	
AF2	0.864	
AF3	0.801	
AF4	0.863	
AF5	0.848	
AF6	0.860	
AKK1*		0.696
AKK2		0.849
AKK3		0.855
AKK4		0.801
AKK5		0.837

Değişken	Davranışsal Niyet (DN)	Gerçekleşen Davranış (GD)	İşe Uyum (İU)
DN1	0.902		
DN2	0.908		
DN3	0.882		
GD1		0.881	
GD3		0.930	
IU1			0.921
IU2			0.935
IU3			0.864

3.2.3.Ayrımsal Geçerlilik Analizi

Bu analizin amacı tanımlanan ölçeklerin birbirinden ne derecede ayrıştığının belirlenmesidir. Analiz için "Forner-LarcerCrietion" yöntemi kullanılmıştır. Bu analiz sonucunda, daha önce açıklanan; "Ortalama Açıklanan Varyans" değerinin karekökünün yer aldığı tablonun köşegeninde yer alan yıldızlı (*) değerlerin, ölçeğin kendi satır ve sütununda yer alan korelasyon katsayısı değerinden büyük

olması “Ayrıştırılmış Geçerliliğin” sağlandığını göstermektedir. Bu da birbiriyle benzeşen ya da hemen hemen aynı olan ölçeğin mevcut modelde var olmadığını gösterir.

Tablo 4. Değişkenlere Ait Ayrımsal Geçerlilik Analizi

	AF	**DN**	**GD**	**KK**	**İU**
Algılanan Fayda(AF)	0.846*				
Davranışsal Niyet(DN)	0.743	0.897*			
Gerçekleşen Davranış(GD)	0.656	0.757	0.906*		
Kullanım Kolaylığı(KK)	0.598	0.668	0.722	0.808*	
İşe Uyum(İU)	0.585	0.602	0.572	0.513	0.907*

3.3.Yapısal Modelin Analizi

Bu analiz temelde model hipotezlerinin kabul veya red kararı için yapılır. Aşağıdaki tabloda hipotezlere göre oluşturulan yollar baz alınarak hangi ölçeğin diğerini ne oranda etkilediğini gösteren katsayı değerleri almaktadır. Bu katsayıya “yol katsayısı (pathcoefficient)” denir.

Tablo 5. Değişkenlere Ait Yol Katsayısı Verileri

	Algılanan Fayda	**Davranışsal Niyet**	**Gerçekleşen Davranış**
Algılanan Fayda		0.535	
Davranışsal Niyet			0.756
Kullanım Kolaylığı	0.405	0.348	
İşe Uyum	0.377		

"İşe Uyum" değişkeni "Algılanan Fayda" değişkenini 0,377 oranında etkilemektedir. "Kullanım Kolaylığı" değişkeni "Algılanan Fayda" değişkenini 0,405 oranında etkiler. "Algılanan Fayda" değişkeni "Davranışsal Niyet" değişkenini 0,535 oranında etkiler. "Kullanım Kolaylığı" değişkeni "Davranışsal Niyet" değişkenini 0,348 oranında etkiler. Son olarak "Davranışsal Niyet" değişkeni "Gerçekleşen Davranışı" değişkenini 0,756 oranında etkiler.

Yol katsayılarının anlamlılığının incelenmesi için t testinin yapılarak bu değerin yorumlanması gerekir.%95 güven aralığında "kritik t değeri" 1,96 olduğu için anlamlılık açısından hesaplanan değerin 1,96 değerinden büyük olması gerekir.

Tabloda görüldüğü gibi bu koşul tüm yollar için sağlanmıştır. Ayrıca "p" değerin sıfır olması da modeldeki yolların anlamlı olduğunun göstergesidir. Yani modelde kurulan hipotezler için yol katsayılarının %95 güven aralığında anlamlı olduğu kanısına varılır. Ayrıca 0,01 güven aralığında "kritik t değeri" 2,576'dır, görüldüğü gibi mevcut t değerleri 2,576'den da büyük olduğundan 0,01 güven aralığında da anlamlılık sağlanmış olur.

Tablo 6. Modele İlişkin "T"Değeri

	Ortalama	**T İstatistiği**	**P Values**
Algılanan Fayda -> Davranışsal Niyet	0.535	8.414	0.000
Davranışsal Niyet -> Gerçekleşen Davranış	0.756	16.029	0.000
Kullanım Kolaylığı -> Algılanan Fayda	0.405	4.905	0.000
Kullanım Kolaylığı -> Davranışsal Niyet	0.348	6.072	0.000
İşe Uyum ->Algılanan Fayda	0.377	4.263	0.000

Ayrıca bu analiz ile faktörlere ait R^2 değerleri de incelenir . Algılanan fayda değişkeni için R^2 değeri0,463 olduğundan; algılanan fayda bu oranda işe uyum ve kullanım kolaylığı değişkenleri ile açıklanabilir. Kullanım kolaylığı değişkeni sonuç gösterilebilirlik ve algılana dış kontrol değişkenleriyle R^2=0,664 oranında

açıklanabilir.Davranışsal niyet değişkeni kullanım kolaylığı ve algılanan fayda değişkenleriyle $R^{2=}$0,631 oranında açıklanmaktadır. Son olarak gerçekleşen davranış değişkeni $R^{2=}$0,572 oranı ile açıklanabilir**.**

3.4.Araştırma Hipotezine Yönelik Sonuç

H1: "İşe Uyum" faktörü "Algılanan Fayda" faktörünü pozitif bir biçimde etkiler. Durumu: Kabul

Modelin yol analizi sonucunda hesaplanan yol katsayısı (pathcoefficient) "İşe Uyum" değişkeni "Algılanan Fayda" değişkenini 0,377 oranında etkilediğini gösterir. İşe uyumun algılanan fayda üzerindeki etkisini gösteren bir başka değer de t değeridir. %95 güven aralığında 2 ölçeğin arasındaki ilişki için t değeri 4,263 'tür. Kritik değer olan 1,96' dan büyük olduğu için 1. hipotez (H1) kabul edilmiştir. Bu durumda yapılan analizler sonucu "işe uyum" ifadesinin algılanan faydayı pozitif yönde etkilediği söylenir.

H2: "Kullanım Kolaylığı" faktörü "Algılanan Fayda" faktörünü pozitif bir biçimde etkiler. Durum: Kabul

Hesaplanan yol katsayısı "Algılanan Fayda" değişkeninin "Kullanım Kolaylığı" değişkeni tarafından 0,405 oranıyla etkilendiğini açıklar. Kullanım kolaylığının algılanan fayda ile olan ilişkisinin durumu için t değeri kontrol edilmelidir. %95 güven aralığında 2 ölçek arasındaki ilişki için t değeri 4,405 'tir ve bu değer kritik değer olan 1,96' dan büyük olduğu için 4. hipotez (H4) kabul edilmiştir. Yapılan anlizlerle kullanım kolaylığının algılanan faydayı poztif etkilediği söylenir.

H3: "Algılanan Fayda" faktörü "Davranışsal Niyet" faktörünü pozitif bir biçimde etkiler. Durum:Kabul

Analiz neticesinde hesaplanan yol katsayısı 0,535 olarak bulunmuştur. Bulunan katsayı ile; "Algılanan Fayda" "Davranışsal Niyeti" 0,535 oranında etkilediği yorumu yapılabilir. Ayrıca t değerine bakılarak hipotezin kabulü veya reddi için karar verilir. %95 güven aralığında 2 ölçek arasındaki ilişki için t değeri 8,414 'tür ve bu değer kritik değer olan 1,96' dan büyük olduğu için 5. hipotez (H5) kabul edilmiştir. Yani algılanan faydanın davranışsal niyeti pozitif olarak etkilediği yapılan analizler neticesinde söylenir.

H4: "Kullanım Kolaylığı" faktörü "Davranışsal Niyet" faktörünü pozitif bir biçimde etkiler. Durumu: Kabul

Modelin yol analizi sonucunda hesaplanan yol katsayısı (pathcoefficient) "Kullanım Kolaylığı" değişkeni "Algılanan Fayda" değişkenini 0,348 oranında etkilediğini gösterir. Kullanım kolaylığının davranışsal niyet üzerindeki etkisini gösteren bir başka değer de t değeridir. %95 güven aralığında 2 ölçeğin arasındaki ilişki için t değeri 6,072 'dir. Kritik değer olan 1,96' dan büyük olduğu için 6.

hipotez (H6) kabul edilmiştir. Bu durumda kullanım kolaylığı faktörü davranışsal niyeti pozitif olarak etkilemektedir.

H5: "Davranışsal Niyet" faktörü "Gerçekleşen Davranış" faktörünü pozitif bir biçimde etkiler. Durumu: Kabul

Hesaplanan yol katsayısının 0,756 olması "Davranışsal Niyet" değişkeni "Gerçekleşen Davranış" değişkenini bu oranında etkilediğini gösterir. Buna ek olarak hipotezin kabul ret durumunu belirlemek için t değerinin hesaplanıp yorumlanması gerekmektedir. %95 güven aralığında 2 ölçek arasındaki ilişki için t değeri 16,029 'dur. Kritik değer olan 1,96' dan büyük olduğu için 7. hipotez (H7) kabul edilmiştir. Davranışsal niyet faktörünün gerçekleşen davranışı pozitif olarak etkilediği yapılan analizler sonucunda gözlenmiştir.

4.Sonuç

Son yıllar göz önüne alındığında EBYS'nin kullanımı artmakta, buna bağlı olarak artan ihtiyaçlara cevap verebilmek için EBYS değişim ve gelişim faaliyetleri de artmıştır.

Teknoloji Kabul Modelinin (TKM) ,çalışma ortamında çevresel davranışın belirli engellerini ve kolaylaştırıcılarını araştırmak için önemli bir araç olduğu yapılan araştırma ve uygulama sonucunda gözlemlenmiştir. Literatürde EBYS'nin TKM ile incelendiği az sayıda çalışma olduğu gözlemlendiğinden, ve gelişen teknolojin rekabette avantaj sağlanabilmesi için kurumları EBYS kullanımına doğru yöneltmesi sebebiyle araştırma konusu bu şekilde belirlenmiştir.

Bu çalışmada kamu kurumlarında kullanılmakta olan EBYS'nin kullanımında etkili olan faktörlerin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu araştırmanın amacı kamu sektöründeki kurum çalışanlarının EBYS'yi kabul ve kullanım düzeyinin incelenmesidir. Bunun için TKM ile EBYS kullanıcılarının davranışlarını etkileyen faktörler incelenmiştir.

EBYS'nin kullanıcılar tarafından kabulünü etkileyen faktörlerin tespiti ve modeldeki değişkenler arasındaki ilişkileri belirlenmesi amacıyla Yapısal Eşitlik Modeli(YEM) kullanılmıştır. Araştırmada çeşitli analizlerle test edilerek model güvenirliliğine bakılmıştır. Uygulama kapsamında EBYS için işe uyum algılanan faydayı pozitif olarak etkiler ayrıca; model, algılanan fayda değişkenini 0,463 oranında açıklamaktadır. Yapılan analizler ile EBYS kullanıcıları için algılanan kullanım kolaylığının algılanan faydayı pozitif yönde etkilediği saptanmıştır. EBYS kullanıcıları tarafından doldurulan anket formu sonucunda; algılanan faydanın davranışsal niyeti pozitif yönde etkilediği saptanmıştır.

Çalışma daha önce yapılmış olan TKM'ye yönelik sonuçları yapılan uygulama ve analizlerle test niteliğinde olmasıyla literatüre katkı sağlayacaktır.

Ayrıca literatür incelendiğinde EBYS'nin TKM ile incelendiği az sayıda çalışma gözlemlendiğinden, yapılan çalışma ile bu anlamda literatürdeki boşluğu doldurması amaçlanmıştır.

Gelecekteki çalışmalarda gizli değişkenler eklenerek model genişletilebilir. Böylelikle yapılan analizin kapsamı da genişleyeceğinden daha farklı ve çeşitli yönlerden değerlendirmeler yapılmasına imkan sağlanmış olur. Ayrıca prestij, sosyal etki, öz yeterlilik, kişisel yenilikçilik ve hizmet kalitesi gibi dışsal değişkenler eklenerek model genişletilebilir.

KAYNAKÇA

Aksay, B. & Ay, Ü.(2016). "Yapısal Eşitlik Modellemesi Kapsamında Formatif ve Reflektif Ölçüm", Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,13(2), 1-21.

Aktaş, D., Özer, G., Özcan, M. & Aktaş, s. (2010). "Muhasebecilerin Bilgi Teknolojisi Kullanımının Teknoloji Kabul Modeli (TKM) İle incelenmesi", Journal of Yaşar University, 5 (19): 3278-3293.

Başkale, H. (2016). "Nitel Araştırmalarda Geçerlik, Güvenirlik ve Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi", DEUHFED, 9: 23-28.

Büyüköztürk, Ş.(2002)." Faktör Analizi: Temel Kavramlar Ve Ölçek Geliştirmede Kullanımı", Kuram Ve Uygulamada Eğitim Yönetimi Dergisi, 32:470-483.

Cengiz, E.(2018)." İşletmelerde Bulut Bilişim Teknolojisi Kullanımının Teknoloji Kabul Modeli 3 İle İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aksaray.

Cibaroğlu, M. O.,& Turan A.H. (2018)."Elektronik Belge Yönetim Sistemlerinin Genişletilmiş Teknoloji Kabul Modeli Temelinde Kullanımı: Ampirik Bir Değerlendirme", Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2: 204-217.

Davis. (1989). "A TechnologyAcceptance Model forEmpiricallyTesting New End-User Information Systems", Doktora Tezi, MIT Sloan School of Management, Cambridge MA.

DeLone, W.H.,&McLean, E. R.(2003). "Model of Information SystemsSuccess: A Ten-Year Update", Journal of Management Information Systems ,19:9-30.

Dursun, Y.,& Karagöz, E. (2010). "Yapısal Eşitlik Modellemesi ve Regresyon: Karşılaştırmalı Bir Analiz", Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 35: 1-17.

Eren, A. & Kaya, M. D. (2016). "Üniversite Çalışanlarının Elektronik Belge Yönetim Sistemini Kullanma Niyetlerinin Teknoloji Kabul Modeli ile İncelenmesi", Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi, 1(3): 157-168.

Erdem, H. E., (2011).” Kurumsal Kaynak Planlama Sistemlerinin Kullanımında Etkili Olan Faktörlerin Genişletilmiş Teknoloji Kabul Modeli ile İncelenmesi”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Hung, S.Y.,Chang, C.M., & YU,T.J., (2006). “Determinants of User Acceptance of the E-Government Services: The Case of Online TaxFilingandPaymentSystem”, Government Information Quarterly, 23: 97–122.

Kabakuş, A. K., Özdemir A. &Rençber,S.Ö., 2016.“Bulut Depolama Kullanımının Lojistik Regresyon Yardımıyla Analizi: Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisans Öğrencileri Örneği.”, 1(3):70-77.

Esen, M. & Büyük, K. (2014).”Teknoloji Kabul Modeli Bağlamında Elektronik Belge Yönetim Sisteminin İncelenmesi:Yükseköğretim Kurulu Örneği”, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 42:313-326.

Özen, Ü., Çam, H., &Pourmouso, H. (2017). “Examination Of TheFactorsEffective İn TheUse Of The E-GovernmentSystemWithTheTechnologyAcceptance Model”, Journal of SocialandAdministrativeSciences, 4(3): 250-265.

Özdamar, K., (2004).”Paket Programlar İle İstatistiksel Veri Analizi”, Kaan Kitabevi, Eskişehir.

Özmen, E., Çınar, Ö., & Karaman E.”Investıgatıon Of ElectronıcDocument Management SystemsUsageWıthTechnologyAcceptance Model Perspectıve”, Eurasian Academy of SciencesEurasian Business &Economics Journal,2: 648-656.

Raykov, T. (1998). “Coefficient Alpha andCompositeReliabilitywithInterrelatedNonhomogeneousItems”, AppliedPsychologicalMeasurement, 22(4):375- 385.

Tat, H. C.,(2018).” Sağlık Sektöründe Hastane Bilgi Sistemi Kullanımının Teknoloji Kabul Modeli İle İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.

Ustasüleyman, T.,& Eyüboğlu, K.(2000). “Bireylerin İnternet Bankacılığı Benimsemesini Etkileyen Faktörlerin Yapısal Eşitlik Modeli ile Belirlenmesi”, BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar, 2: 11-38.

Venkatesh, V. &Davis, F. D.(2000).”A TheoreticalExtension of theTechnologyAcceptance Model: FourLongitudinalFieldStudies”, Management Science, 2: 186-204.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., &Davis, F. D. (2003). “User acceptance of informationtechnology: Toward a unifiedview”, MIS Quarterly, 27(3): 425-478.

Yaşlıoğlı, M. M.,(2017).”Sosyal Bilimlerde Faktör Analizi ve Geçerlilik: Keşfedici ve Doğrulayıcı Faktör Analizlerinin Kullanılması”, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, Özel Sayı:74-85.

Yılmaz, Ö. (2018).”Tüketicilerin Online Alışveriş Niyetlerinin Teknoloji Kabul Modeli Bağlamında İncelenmesi “,Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 20(3): 331-346

Yılmaz, V.(2004). “Lisrel İle Yapısal Eşitlik Modelleri: Tüketici Şikayetlerine Uygulanması”, Sosyal Bilimler Dergisi, 1: 77-90.

Yücenur, G. N., Demirel, N. Ç., Ceylan, C. & Demirel, T. (2011). “Hizmet Değerinin Müşterilerin Davranışsal Niyetleri Üzerindeki Etkisinin Yapısal Eşitlik Modeli ile Ölçülmesi”, Doğuş Üniversitesi Dergisi,12(1): 156-168.

ÖRNEK BİR MDF İŞLETMESİNDE KALİTE ÇEMBERLERİ UYGULAMALARININ İNCELENMESİ

Nihal Koca*
[*]Düzce Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Düzce, Türkiye
E-mail: nihalkoca61@gmail.com

Özet: Rekabet ortamında geleceği görerek yenilik yapabilmek ve yaratıcılığı üst seviyede tutabilmek çok önemlidir. Bu nedenle rekabet ortamlarında Toplam Kalite Yönetimi (TKY)'nin önemi daha çok kavranmakta ve bu yönde yönelmeler hız kazanmaktadır. TKY'nin ana felsefesi herhangi bir kurumda çalışan herkesin katılımı ile sürecin sürekli olarak iyileştirilmesi ve geliştirilmesidir. Bu yaklaşımla mükemmellik arayışına ve sıfır hata sonucuna ulaşılır. TKY'nin en çok kullanılan uygulamalarından birisi kalite çemberleridir. Kalite çemberleri aynı iş yerinde çalışanlar arasından 4-12 kişinin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Tamamen gönüllülük esasına dayanmakta ve belirli aralıklarla toplanarak problemleri tespit edip onlara çözüm önerileri bulmaya çalışmaktadır. Bu uygulama 1950'lerde Japonya'da başlayıp, 1990'lı yıllarda yaygınlaşan bir yönetim yaklaşımıdır. Bu yaklaşımın hedefi, herkesin işini ilk seferinde ve tam zamanında doğru olarak yapması ve sürekli gelişme göstermesidir.

Bu araştırmanın amacı, TKY uygulamaları arasında yer alan kalite çemberlerinin işletmeler açısından önemini ortaya koymaktır. Bu amaçla kalite çember uygulamalarının yapıldığı bir orta yoğunlukta lif levha (MDF) işletmesi çalışma kapsamına alınmıştır. MDF işletmesinde gerçekleştirilen kalite çember uygulama örnekleri incelenerek işletmeye sağladığı yararlar, başarı ve başarısızlık durumları değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda üretim sektöründe kalite çember çalışması faaliyetlerine yer verilmesi ve doğru uygulanmasıyla üretime katkı sağlandığı ve başarıya ulaşıldığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Kalite Çemberleri, MDF, Toplam Kalite Yönetimi, TKY,

Giriş

Kalite kavramı, insanların ve sistemlerin sıfır hatayı bulma ve mükemmele ulaşma isteği gerçeğinden yola çıkmıştır. Latince nasıl oluştuğu anlamına gelen "Qualis" kelimesinden türetilen "Qualitas" kelimesiyle ifade edilmiştir (Şimşek, 2001).

Genel olarak kalite, insanların ihtiyaçlarının giderilmesi ve bu ihtiyaçları gidermeye verilen cevapla belirlenmektedir (Bumin ve Erkutlu, 2002).

Kalite kavramı günümüzde teknik bir yöntem değil, işletmelerin müşterilerini memnun etmeye ve işletmelerde "sosyal sorumluluk" bilincinin gelişmesine katkı sağlayan bir kavram olarak yönetimle birlikte kullanılır olmuştur. Bunun sonucu olarak Toplam Kalite Yönetimi (TKY) ortaya çıkmıştır (Kavrakoğlu, 1993).

TKY, müşteri memnuniyeti yoluyla uzun vadeli başarıyı amaçlayan ve kuruluşun bütün üyelerine ve topluma yarar sağlayan yönetim yaklaşımı" olarak tanımlanmaktadır (Kovancı, 2004). TKY' nin temel amacı; hammadde

bulunmasından, malın tüketiciyle buluşmasına kadar her aşamada kaliteyi sağlamaktır (Yamak, 1998).

Grup çalışması ve sürekli gelişme TKY uygulamasının en önemli ilkeleri arasındadır. Tüm çalışanların problem çözme, sürekli iyileştirme, kaliteyi sağlama ve sürekli kılmaya yönelik çalışmalara katılımı grup çalışmasıdır. Her iki ilkenin sağlıklı bir şekilde işlerlik kazanması için gerekli araçlardan biri "kalite çemberleridir (Bolat, 2000).

Kalite çemberleri, problemlerin çözümüne yönelik teoriler oluşturmak amacıyla oluşturulmuştur. Bu amaç doğrultusunda çalışanların fikirleriyle birlikte yardımları da alınmaktadır. Gönüllülük esasına dayanan bir uygulama olup, aynı iş yerinde çalışan 4-12 kişinin bir araya gelmesiyle oluşur (Şimşek,1998).

Kalite çemberlerinin oluşturulmasının amaçları şu şekildedir (Efil, 1996):

- Çember üyelerinin karşılaştıkları (çalışma koşulları, verimlilik, güvenlik, kalitenin sağlanması gibi) problemleri belirlemek, analiz etmek ve çözümler üretmek konusunda teşvik etmek,
- Bireylerin motivasyonunu arttırmak,
- Kalitenin iyileştirilmesi ve hataların azaltılmasını sağlamak,
- Bireyleri etkin katılımıyla yaratıcı yeteneklerini ortaya çıkarmak yönünde teşvik etmek,
- Örgüt içinde haberleşmeyi daha etkin hale getirmek,
- Bireylerin kişilik ve liderlik yeteneklerini geliştirmek,
- Yönetici – işçi ilişkilerini arttırmak,
- İşletmenin gelişmesine katkıda bulunmak.

Kalite çemberlerinin belirlenen hedeflere ulaşabilmeleri için çalışma grupları gönüllüler arasından seçilmeli, grup üyeleri yardımlaşmalı, gruplar yönetim tarafından desteklenmeli ve sürekli eğitilmeleri gerekmektedir (Gencel., 2001).

Çalışmanın amacı, TKY uygulamaları arasında yer alan kalite çemberlerinin işletmeler açısından önemini ortaya koymaktır. Bu amaçla kalite çember uygulamalarının yapıldığı bir orta yoğunlukta lif levha (MDF) işletmesi çalışma kapsamına alınmıştır. Bu kapsamda MDF işletmesinin "Melaminin çelik çemberi" isimli kalite çemberinin çalışmaları incelenmiştir.

Materyal Ve Yöntem

Çalışma kapsamına alınan işletmenin ilk başarılı kalite çember çalışması melamin tesisinde "Melaminin çelik çemberi" isimli kalite çemberidir. Tek yüz üretiminde kullanılan sürekli hava, statik çubuklarının bulunduğu bölümde kullanılan hava, besleme bölümündeki ayırıcı teçhizatta kullanılan hava konusunda 6 aylık çalışma yapılmıştır.

Melaminin çelik çemberinin kurulma faaliyetlerinin safhaları, ön hazırlık ve kuruluş aşaması olarak ikiye ayrılmıştır. Faaliyetlere başlamadan önce gönüllü kişilerin bilinçlendirilmesi ve konuya hakim duruma getirilmesi için temel kalite çemberi eğitimi verilmiştir. Öncelikli olarak "Melaminin çelik çemberi" ön

hazırlık aşaması çalışmalarını yürütmüştür.

Bulgular

Melaminin Çelik Çemberinin Kurulma Faaliyetlerinin Aşamaları

Kalite çemberinin kurulma safhaları, ön hazırlık ve kuruluş aşaması olarak ikiye ayrılmıştır.

A-Ön Hazırlık Aşaması: Öncelikle kalite çemberi kurulması planlanan işletmenin melamin bölümü çalışanları ile bir araya gelinerek, kalite çemberi faaliyetleri hakkında personeller bilgilendirilmiştir. Bilgilendirme sonunda gönüllü çalışanlar arasından bir ekip oluşturulmuştur. Bu ekibe ve ilgili bölüm yöneticilerine KALDER firması tarafından "kalite çemberi eğitimi" verilmiştir.

B-Kuruluş Aşaması: Kalite çemberi ekibi faaliyetlerine başlayarak, almış olduğu eğitimlerde öğrenmiş olduğu bilgiler çerçevesinde düzenli aralıklarla toplantı yapmaya başlamıştır. Kalite çemberinin ismi çember üyeleri tarafından beyin fırtınası yöntemi ile "Melaminin çelik çemberi" olarak belirlenmiştir.

Çelik Kalite Çemberinin Organizasyon Yapısı

Melaminin çelik kalite çemberi 7 üye 1 lider ve 1 rehberden oluşan 9 kişilik bir ekip olarak çalışmalarına başlamıştır. Kalite çemberinin lideri ve yazıcısı kapalı oy kullanılarak seçilmiş ve çember üyeleri tarafından belirlenmiştir.

Melaminin Çelik Kalite Çemberinde Kullanılan Problem Çözme Metodolojisi Problemin Seçimi

Melamin kalite çemberinin üzerinde çalışacağı konu, çember üyeleri tarafından gerçekleştirilen beyin fırtınası yöntemi ile tüm sorunlar ortaya konularak, matris tablosuna yerleştirilmiş ve bunun sonucunda yüksek puan alan Melamin hattındaki gereksiz hava tüketimi hakkında çalışma yapılması hususunda, çember üyeleri tarafından sonuca varılarak belirlenmiştir.

Karşılaşılan problemler puanlanarak ayrılmıştır. Devamında karşılaşılan problemlerin kısa sürede çözülebilecek olanları ayrılmıştır ve problemi çözecek sorumlulara yönlendirilmiştir.

Çözüm karnesi: Çember üyeleri belirlemiş oldukları 3 temel nedenin, çözüm önerileri benzer olduğu için, bu çözüm önerilerini tek bir çözüm karnesinde değerlendirmiştir.

Besleme bölümündeki ayırıcı teçhizatta kullanılan hava: Besleme bölümündeki ayırıcı tesisatta kullanılan havanın minimuma indirilerek sorunsuz bir üretim yapılabilmesi için aşağıda verilen çözüm önerileri belirlenmiştir:

1. Makine yazılımında üfleme sürelerinin revize edilmesi,
2. Giriş asansör seviyelerinin eşitlenmesi,
3. Vakum kollarının önden arkaya doğru kademeli şekilde eğim verilmesi,
4. Levha taşıma arabasındaki ön iki vakum lastiğinin körüklü tip vakum lastiği ile değiştirilmesi.

Bu maddelerin uygulanması sonucunda minimum hava kullanılarak üretim sorunsuz devam ettirilebilmektedir.

Statik çubuklarının bulunduğu bölümde kullanılan hava: Statik çubuklarının bulunduğu bölümde kullanılan havanın ortadan kaldırılarak sorunsuz bir üretim yapılabilmesi için belirlenen çözüm önerileri şu şekildedir:

1. Fiber çıtalarının boylarının kısaltılması,
2. Fiber grubunun takım olarak 3 cm aşağıya indirilmesi,
3. Makine yazılımından üflemenin iptal edilmesi.

Bu maddelerin uygulanması durumunda üretimin durdurulması gerekmeden, sorunsuz çalışma sağlanmış olur.

Tekyüz üretimlerindeki sürekli hava kullanımı: Tekyüz üretimindeki sürekli kullanılan havanın kesikli olarak kullanılması için belirlenen çözüm önerileri:

1.Üfleme borusunun girişine ventil konularak levha geçtiğinde üflemenin yapılması,
2.Havayı daha etkin kullanmak için delik uçlarına nozul takılmasıdır.

Bu işlemlerin yapılması halinde üretimde problem çıkması engellenerek, üretim devamlılığı sağlanır.

Elde Edilen Veriler Işığında Oluşan Kazanç Hesaplama Çizelgeleri

Melamin pres tesisindeki 2017 yılına ait veriler baz alındığında bir levhadaki tasarruf edilen hava miktarı hesaplanmıştır ve toplam plaka sayısı ile çarpılarak yıllık tasarruf miktarı hesaplanmıştır.

Çizelge 3.1. 2017 yılında ayırıcı teçhizatında kazanç hesabı.

Plaka sayısı ($Adet$)	$1m^3$ havanın Maliyeti (TL)	12 mm 7 bar Basınçlı borudan hava çıkışı (m^3/sn)	1 levhadaki tasarruf Edilen hava miktarı (m^3/sn)	2017 yılı toplam tasarruf (TL)
7.865.834	0,021321	0,17	0,85	142.551

Tesisteki 2017 yılına ait veriler temel alındığında bir levhadaki tasarruf edilen statik çubuklarındaki hava miktarı; toplam plaka sayısı ile çarpılarak yıllık hava kullanım miktarı hesaplanır. Bulunan hava miktarı bir m^3 havanın maliyeti ile çarpılarak toplam tasarruf hesaplanmış olur.

Çizelge 3.2. 2017 yılında ayırıcı statik öncesi üflemedeki kazanç hesabı.

Plaka sayısı ($Adet$)	$1m^3$ havanın Maliyeti (TL)	12 mm 6bar Basınçlı borudan hava çıkışı (m^3/sn)	1 levhadaki tasarruf Edilen hava miktarı (m^3/sn)	2017 yılı toplam tasarruf (TL)
3.072.782	0,021321	0,15	0,3	19.654,43

2017 yılına ait veriler ele alındığında, günlük tasarruf edilen hava miktarı, gün sayısı ve 1m^3 havanın maliyeti çarpılarak levhalarda elde edilen kazanç hesabı yapılmıştır.

Çizelge 3.3. 2017 yılında tek yüz üretimindeki kazanç hesabı.

Levha ebatları (cm)	Plaka sayısı (*Adet*)	1m^3 havanın maliyeti (TL)	12 *mm* 6 *bar* basınçlı borudan hava çıkışı (m^3/sn)	1 günlük kazanç (m^3)	2017 yılı Adet bazlı toplam tasarruf (TL)	2017 yılı toplam tasarruf (TL)
210x280	886.008 (161 gün)	0,021321	0,15	11.358	38.988,00	201.643
183x366	12.927 (2 gün)	0,021321	0,15	10.563	450,00	

Diğer Kazançlar

Makinada tespit edilen hava kullanımının kısıtlanması, o ortamda oluşan gürültünün azalmasını sağladı. Çalışanların daha az gürültüyle çalışmalarına olanak sağladı. Etkili iletişim kurulmasına yardımcı oldu. Ses azalması makinede oluşabilecek sorunların belirginliğini artırdı. Dikkat dağınıklığının azalmasına sağladı.

Sonuç Ve Öneriler

Kalite çember faaliyetlerinde gönüllülük esasından dolayı, işletmede kalite çember çalışmalarına başlamadan önce gönüllü kişilere konu hakkında bilgilendirme yapılmış ve temel kalite çember eğitimi verilmiş, konuya hakim duruma getirilmiştir. Ardından gönüllü çalışanlardan oluşan ekip KALDER firması tarafından da "kalite çemberi" eğitimi almıştır ve bu eğitime bölüm yöneticileri de katılmıştır. Bu eğitimde; kalite çemberlerinin tarihçesi, çalışma eğitimi, prensipleri ve problem çözme teknikleri ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Kalite çemberlerinin ismi çember üyeleri tarafından herkesin fikrini beyan etmesi ve ardından oylama yapılmasıyla, yani beyin fırtınası yöntemiyle belirlenmiştir.

Karşılaşılan problemi çözmek için çember üyeleri tarafından gerçekleştirilen beyin fırtınası yöntemiyle tüm sorunlar ortaya konularak bir puan tablosu oluşturulmuş ve yüksek puan alan konu üzerinde çalışma yapılmak üzere karara bağlanmıştır. Konular belirlendikten sonra, çözüm önerilerinin geliştirilmesi için "balık kılçığı metodu" kullanılmıştır. Ana nedenler makine, metot, insan, malzeme ve çevre olarak belirlendikten sonra alt nedenler beyin fırtınası yöntemiyle belirlenmiştir ve onlar için çözüm önerileri üretilmiştir. Belirlenen üç temel nedenin çözüm önerileri benzer olduğu için bu öneriler tek bir çözüm karnesinde değerlendirilmiştir.

TKY'yi uygulayan işletmenin kalite çemberi çalışmalarından "Melaminin

Çelik Çemberi" isimli kalite çemberinin başarıya ulaşmasındaki temel nedenler; yönetimin desteğinin yanında çember üyelerinin yeterince eğitimli ve bilinçli olması, gönüllü olarak bu çalışmaya katılmaları ve problemleri seçerken uyguladıkları adımların doğruluğudur. Sonuç olarak; bir orman ürünleri işletmesi olan bu işletme gibi diğer işletmeler de TKY'nin sorun çözme tekniklerinden kalite çemberini uygulayabilirler. Uygulama için gerekenler yapılarak basamaklar sırasıyla gerçekleştirilir, sorunların tespitinin ardından bulunan öneriler doğrultusunda temel çözüm üretilerek çabuk ve etkin şekilde uygulamaya yansıtılırsa; kalite çemberi ile orman ürünleri işletmelerinde son derece verimli sonuçlar elde edilebilir.

Kaynakça

Bolat, T. (2000). Toplam Kalite Yönetimi (Konaklama İşletmelerinde Uygulaması). *İstanbul: Beta Basım Yayın Dağıtım*, 2000.

Bumin, B., Erkutlu, H. (2002). Toplam Kalite Yönetimi ve Kıyaslama (Benchmarking) İlişkileri. *Ankara Gazi Üniversitesi: Gazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, c.4, s.1, ss. 91-92.

Efil, I. (1996). Toplam Kalite Yönetimi, ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi. *Bursa: Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları Üçüncü Basım)*

Gencel, U. (2001). Yükseköğretim hizmetlerinde Toplam Kalite Yönetimi ve Akreditasyon. *İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt:3, Sayı 3, 164-218.

Kavrakoğlu, I. (1993). Kalite Güvencesi ISO 9001 ve Toplam Kalite. *İstanbul: Dünya.*

Kovancı, A. (2004). Toplam Kalite Yönetimi. İstanbul: Sistem Yayıncılık, 3. Basım.

Şimşek, M. (1998). Kalite Yönetimi. *İstanbul Marmara Üniversitesi: Teknik Eğitim Fakültesi Matbaası, Marmara Üniversitesi yayın No:* 584, *Teknik Eğitim Fakültesi yayın No:* 11.

Şimşek, M. (2001). Toplam Kalite Yönetimi. *Alfe Yayınları, Temmuz* 2001, ss.123.

Yamak, O. (1998). Kalite Odaklı Yönetim. *İstanbul: Panel Matbacılık,* ss.135.

EL VE BILEK RAHATSIZLIKLARINDA KULLANIMA UYGUN SANAL GERÇEKLIK DESTEKLI FIZIK TEDAVI CIHAZI

Pınar ASLAN YILDIRIM*, Adnan AKKURT**

**Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, 06500, Ankara, TÜRKİYE*

E-mail: pinar.aslanyildirim1@gazi.edu.tr

***Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, 06500, Ankara, TÜRKİYE*

Özet – Fizik tedavi ve rehabilitasyon tedavileri uzun sürede sonuç veren, sabır ve devamlılık isteyen bir süreçtir. Tedaviler; rahatsızlık bölgesine ve derecesine göre zaman zaman ağrılı ve zor olabilmektedir. Yapılan çalışma ile önerilecek olan tasarım; el ve bilek rahatsızlıklarında fizik tedavi ihtiyacı olan hastaların acılı ve sıkıcı olabilen rehabilitasyon tedavilerini daha kolay ve eğlenceli bir şekilde yapmalarına destek olmak için tasarlanmıştır. Tasarlanan ürün ile hastalara sağlık merkezleri dışında da yapılması gereken hareketleri yapabilmelerine imkan sağlamak hedeflenmektedir. Bu tasarım el üzerine giyilebilen, harekete engel oluşturmayacak şekilde hafif bir malzemeden üretilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca bu tasarım ile literatürde ve piyasada çözüm önerileri kısıtlı olan kilit açma, küçük parçaları tutabilme, iğneden iplik geçirme gibi ince motor hareketlerini de kapsayan sanal gerçeklik ortamı ile birlikte kullanılması planlanmaktadır. Unity tabanında geliştirilecek oyunlar ile desteklenen fizik tedavinin hastaları motive etmesi ve hastaların tedavi programlarına istekle uymaları, daha verimli sonuçlar elde etmeleri beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler - Fizik tedavi, Unity, sanal gerçeklik, el, parmak, bilek hareketleri, ince motor hareketleri.

PROPER USE OF HAND AND WRIST DISORDERS VIRTUAL REALITY AIDED PHYSICAL THERAPY DEVICE

Abstract - Physical therapy and rehabilitation therapies are long-term results that require patience and stability. Therapies; depending on the region and degree of disorders can sometimes be painful and difficult. The design to be proposed with this study; it is designed to help patients who need physical therapy for hand and ankle discomforts more easily and in a fun way, which can be painful and boring. With the designed product, it is aimed to enable the patients to make the necessary movements in their homes. This design is intended to be made of lightweight material that can be worn on the hand and which does not interfere with movement. In addition, this design is planned to be used in conjunction with virtual reality environment including fine motor movements such as unlocking, holding small parts, needle threading and limited solutions in the literature and market. Supported by games developed on the base of Unity, physical therapy is expected to motivate patients, and patients are expected to adhere to treatment programs and to achieve more efficient results.

Keywords*:* Physical therapy, Unity, virtual reality, hand, finger, wrist movements,fine motor movements.

Giriş

Teknolojinin sağladığı imkânlar ve kolaylıklar her geçen gün hayatımıza daha fazla yerleşirken, değişen yaşam kültürleri ile bazı olumsuzluklar da getirmektedir. Endüstri 4.0, insan gücüne dayalı olmayan, insanların sistemleri, otomasyonları, makineleri yöneterek ürün elde etmesi üzerine kuruludur. İhtiyaçlarını bilgi sistemleri üzerinden yapma kültürünü edinmiş bireyler farkında olmadan hareketli olmayı, güneşten faydalanabilmeyi vb. sağlıklı yaşamayı sağlayan birçok hayatî fonksiyonları hayatlarından çıkarabilmektedir. Bunun yanı sıra elbette insanların doğumlarda, trafikte ve beklenmedik bir şekilde yaşanan kazalarda fiziksel olarak kolay giderilemeyen zararlar görebilmektedir. Herhangi bir sebepten hareket kabiliyeti azalmış olan hastalarda kaybedilen hareketleri geri kazandırmak için hastaların fizik tedavi merkezlerinde tedavi görmeleri gerekebilmektedir. Fizik tedavi ve rehabilitasyon tedavileri uzun sürelerde sonuç veren, sabır ve

istikrar isteyen süreçlerdir. Tedaviler; rahatsızlık bölgesine ve derecesine göre zaman zaman ağrılı ve zor olabilmektedir.

Yapılan bu çalışmada el ve bilek rahatsızlıklarında fizik tedavi ihtiyacı olan hastaların acılı ve hatta zaman zaman sıkıcı olabilen rehabilitasyon tedavilerini daha kolay ve eğlenceli bir şekilde yapmalarına destek olacak bir tasarım hedeflenmektedir.

Hedeflenen tasarım, elin üzerine giyilebilir, sensör desteği olan ve kablosuz bağlantı sayesinde, bir monitörden takip edilebilecek oyun ile fizik tedavi hareketlerinin eğlenceli bir şekilde yaptırılması düşünülmektedir. Bu tasarım ile fizik tedavi sürecinin daha eğlenceli geçmesi, hastanın tedaviye motive olması sağlanacaktır.

Bu tasarımda, el ve bilek bölgelerinde yaşanan rahatsızlıklarda, özellikle literatür ve piyasada bulunan örneklerinde bulunmayan ince motor hareketlerini kapsayıcı bir ürün geliştirmesi hedeflenmektedir. Hastalara ince motor hareketlerini yapabilmelerine yönelik; anahtar ile kilit açma, küçük parçaları tutabilme, iğneden iplik geçirme gibi hareketleri kapsayıcı bir sanal gerçeklik ortamının sunulması planlanmaktadır. Bu tasarım yardımıyla, hastalara isterlerse evlerinde de gerekli olan hareketleri yapabilmelerine imkân sağlanmış olacaktır. Geliştirilmesi planlanan ürünün hem yetişkin hem de pediatrik hastalara uygun olması hedeflenmektedir.

Yüksek bütçeler ayrılarak ithal edilen sanal gerçeklik tabanlı tedavi yöntemlerini sunan merkezlere ve hastalara, yerli bir ürün alternatifi sunabilmek hedeflenmektedir.

Benzer Uygulamalar

Bu çalışmada, öncelikle piyasa araştırması yapılmış olup, fizik tedavi ve rehabilitasyon süreçlerinde tercih edilen cihazlar incelenmiştir. Ardından literatür taraması yapılmış olup, konu ile ilgili akademik çalışmalar incelenmiştir.

İlk olarak, NeoFect firmasına ait “Rapael Smart Glove” ürünü incelenmiştir (Rapael Smart Glove Brochure, 2016). Bu, ticari bir ürün olup, halen kullanımı ve satışı devam etmektedir.

Şekil 1. Neofect Rapael Smart Glove (Rapael Smart Glove Brochure, 2016)

Sistemin çalışma prensipleri şu şekilde açıklanabilir;

- Elin üzerine giyilebilir bir teknolojiye sahiptir.
- Bending Sensör alt yapısı mevcuttur.
- Sensör, 3 hızlanma kanalı, 3 açısal hız kanalı ve bilek hareketlerini ölçen 3 manyetik alan kanalından oluşan 9 eksenli bir hareket ve konum sensörüdür.
- Bireysel parmak hareketlerinin miktarını doğru bir şekilde hesaplayabilen bir bilgisayar sistemine bağlanırlar.
- Hafiftir (132 gr).
- Ultra düşük güç tüketimi ve 32-bit mikrocontrollerlar kullanılmıştır.
- Wireless bağlantısı vardır.
- Elastomer maddeden üretilmiştir, temizlemesi kolay, elastiktir, formunu korur.
- Ergonomik tasarıma sahiptir.
- Ön kol supinasyon/pronasyon, bilek fleksiyon, ekstensiyon, radyal-ulnar deviasyon, parmak fleksiyon ve ekstensiyonu hareketlerini destekler.
- Oyun yani her bir egzersiz sonunda performans sonuçlarını gösterir bir rapor sunabilir ve istenilirse hekim ile sonuçları paylaşabilir. (Rapael Smart Glove Brochure, 2016)

İncelenecek bir diğer sistem ise Hocoma firmasına ait “Armeo@Spring” ürünüdür. Aynı şekilde ticari bir ürün olup, kullanımı ve satışı devam etmektedir.

Sistemin çalışma prensipleri şu şekilde açıklanabilir;

- İnme, çoklu skleroz (MS), omurilik yaralanması, serebral palsi, sonradan gelişen beyin hasarlarında, yanma vakaları, humerus kırığından iyileşme gösteren hastalarda uygulanabilir.
- Nesnel değerlendirme yapabilir,
- Arttırılmış performans geri bildirimi,
- El fonksiyonları egzersizini kapsar,

- Kol desteği vardır,
- Mekanik olarak desteği vardır.

Şekil 2. Hocoma\Armeo@Spring (Hocoma Armeo Spring,URL: https://www.hocoma.com/solutions/armeo-spring/)

İncelenecek bir diğer sistem ise Hocoma firmasına ait "Armeo@Senso" ürünüdür. Ticari bir ürün olup, kullanımı ve satışı devam etmektedir.

Sistemin çalışma prensipleri şu şekilde açıklanabilir;

- Armeo@Spring ürününün özelliklerinin yanı sıra bir terapistin verdiği ilk eğitimden sonra uzaktan denetim ile evde kullanıma uygundur (Hocoma Armeo Brochure, 2018),
- El için bir aparatı bulunmaktadır,
- Bilekte, dirsekte ve göğüs üzerinde 3 adet hareket sensörü bulunmaktadır.

Şekil 3. Hocoma/Armeo@Senso (Hocoma Armeo Senso, URL: https://www.hocoma.com/solutions/armeo-senso/)

Ülkemizde de kullanım alanı bulunan, piyasada sanal gerçeklik ile desteklenmiş daha pek çok fizik tedavi cihazı mevcuttur. Örnekleri Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4. Piyasada Bulunan Sanal Gerçeklik Destekli Fizik Tedavi Cihazları.

Literatür taramasında ilk olarak El Rehabilitasyonunda Kullanılabilecek Yay Mekanizmalı Bir Egzersiz Eldiveni Tasarımı incelenmiştir. Sistemin çalışma prensipleri şu şekilde açıklanabilir;

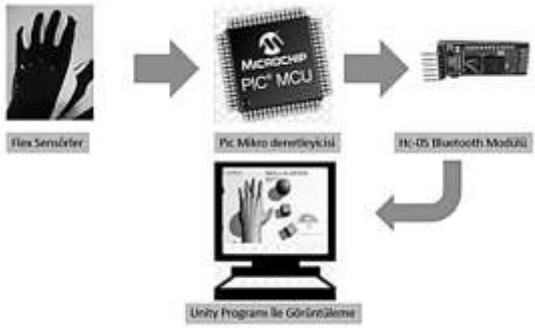
- Elektronik bir altyapıda değildir,
- Üretilen mekanik düzenek yardımıyla kasları güçlendirmeyi hedeflemektedir,
- Bir sanal gerçeklik desteği bulunmamaktadır (Serbest, Kasım, Serdar Ateş, and Arno HA Stienen, 2016).

Şekil 5. El Rehabilitasyonunda Kullanılabilecek Yay Mekanizmalı Bir Egzersiz Eldiveni Tasarımı (Serbest, Kasım, Serdar Ateş, and Arno HA Stienen, 2016).

İncelenen bir diğer çalışma, El Rehabilitasyon Sistemleri İçin Akıllı Eldiven Uygulaması'dır. Sistemin çalışma prensipleri şu şekilde açıklanabilir;

- Hareketleri algılayıcı sensör altyapısı mevcuttur,
- Sanal gerçeklik desteği planlanmıştır.

Ancak nihaî ürün ile ilgili literatürde bir veriye rastlanmamıştır. (Akın, Hakan, Abdullah Bal, and Ulvi Başpınar,2017)



Şekil 6. El Rehabilitasyon Sistemleri İçin Akıllı Eldiven Uygulaması (Akın, Hakan, Abdullah Bal, and Ulvi Başpınar,2017).

Aktif olarak Hacettepe Üniversitesi'nde de kullanılmakta olan Akıllı Aktivite Masası USE-it ürünü de incelenmiştir. Sistemin çalışma prensipleri şu şekilde açıklanabilir;

- İnme, MS(multiple skleroz) ve parkinson gibi nörolojik hastalıkların ve ortopedik hastalıkların tedavisinde, gövde dengesinin sağlanamadığı durumlarda kullanılabilir,
- Sanal gerçeklik destekli olup, 6 farklı oyun içermektedir,
- Dokunmatik ekran kabiliyeti ile oyun oynanmakta ve egzersizler tamamlanmaktadır(Yıldırım, Sibel Aksu; Kılınç, Muhammed; Ünver Akın, Özgür, 2018).

Şekil 7. Akıllı Aktivite Masası USE-it (Most Rehabilitasyon USE-it Cihazı Tanıtımı, URL: https://webrazzi.com/2017/10/02/most-rehabilitasyon/)

Yapılan literatür taramasında;

- Farklı malzemelerin tercih edildiği,
- Farklı sensör altyapılarının tercih edildiği,
- Farklı uzuvlarda yaşanan rahatsızlıklara yönelik çalışmaların bulunduğu,
- Farklı fizik tedavi hareketlerine destek verilebildiği gözlemlenmiştir.

El ve Bilek Rahatsızlıklarında Kullanıma Uygun Sanal Gerçeklik Destekli Fizik Tedavi Cihazı

El ve bilek bölgelerinde yaşanan rahatsızlıklarda, özellikle literatürde ve piyasada çözüm önerilerine rastlanmayan niteliklerin kazandırılması önceliklidir. Yüksek bütçeler ayrılarak ithal edilen sanal gerçeklik tabanlı tedavi yöntemlerini sunan merkezlere ve hastalara, yerli bir ürün üretip, iç piyasaya yerli bir alternatif sunabilmek hedeflenmektedir.

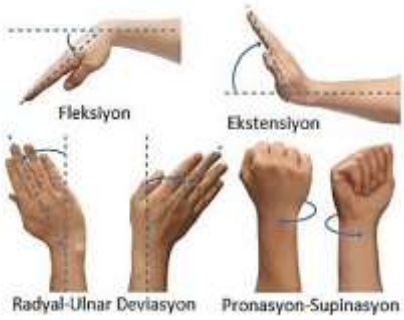
Sistemin geliştirilmesinde izlenecek yöntem şu şekilde açıklanabilir;

- Geliştirilecek olan ürün hem yetişkin hem de pediatrik hastalara yönelik olmalıdır,
- İnce motor hareketlerini kapsayıcı bir ürün geliştirilmelidir.
- Hastaların ince motor hareketlerini yapabilmelerine yönelik; anahtar ile kilit açma, küçük parçaları tutabilme, iğneden iplik geçirme hareketlerini kapsayıcı sanal gerçeklik ortamının sunulması gerekmektedir.
- Maliyet etkin olmalıdır.
- Kullanılacak malzemenin dayanıklı olması, klinik ortamında kullanıma uygun, temizlenebilir olması, hareketi engellemeyecek seviyede esnek yapıda olmalıdır, üretimde tüm bu sayılan özellikleri karşılayabilen elastomer maddenin kullanılması düşünülmektedir.

Sistemin çalışma prensipleri şu şekilde açıklanabilir;

Üründe kullanılacak sensor altyapısı;

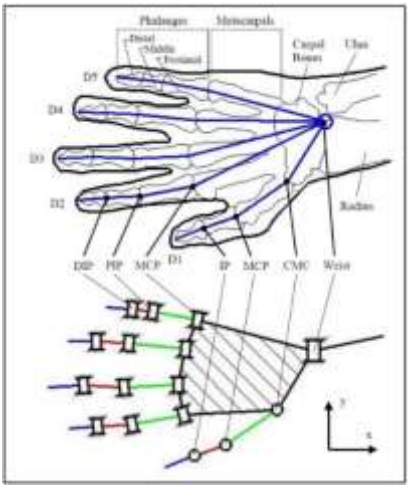
- Fleksiyon, ekstensiyon, radyal-ulnar deviasyon, pronasyon-supinasyon hareketlerini engellemeyecek yapıda olmalı ve ince motor el hareketlerini yapmaya da imkan verebilmelidir,



Şekil 8. El ve bilek motor hareketleri (KORKMAZ, Mehmet, 2017).

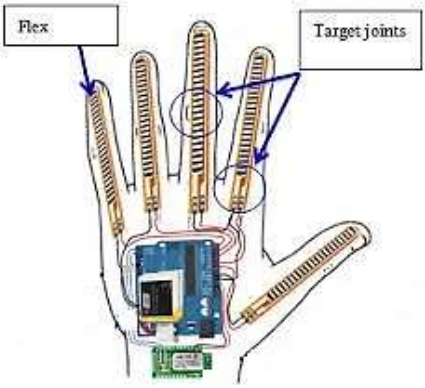
Şekil 9. Elin ince motor hareketleri.

- Dört parmakta DIP, PIP, MCP eklem noktalarında; baş parmakta ise IP, MCP, CMC eklem noktalarında bulunmalıdır,



Şekil 10. Sensörlerin yerleşmesi gereken eklem noktaları gösterimi (Serbest, Kasim, Murat Cilli, and Osman Eldogant, 2018).

- Bending veya flex sensörler türünde olması ve eklem açılarını bilgisayara aktarmaya olanak tanıması gerekmektedir.



Şekil 11. Sensörlerin elin üzerinde yerleşimi.

Bu tasarımda kullanılacak sanal gerçeklik altyapısının;

- Sensörlerden alınan hareket açılarını işleyip, yorumlayabilmesi,
- El, bilek temel motor hareketlerinin yanı sıra ince motor hareketlerini hastalara yaptıracak oyun seçeneklerine sahip olması,

Şekil 12. Elin ince motor hareketleri

- Her bir hareket için gerekli olan set sayısının, hastaya özel olarak ilk kullanıma yapılacak kalibrasyon işlemi ile belirlenmesi,
- Hastanın yaptığı hareket açılarının veritabanında halihazırda tutulan sağlıklı insanın hareket açıları ile mukayese edilmesi,
- Hareketleri doğru ve tam yapan hastaları bir sonraki seviyeye geçirmesi gibi motive edici unsurlar içermesi gerekmektedir.

Şekil 13. Rapor sunum ekranları (Rapael Smart Glove Brochure, 2016).

Tasarımın raporlama işlemlerinde;

- Yapılan egzersizlere ait hareket bazlı yeterlilik seviyelerinin, hareketleri tamamlama sürelerinin grafiklerle gösterilmesi,
- Hastanın günlük durum raporlarının internet bağlantısı olması durumunda doktoruna e-posta ile gönderilebilmesi ve hastanın uzaktan kontrol altında tutulabilmesi sağlanacaktır.

Sonuçlar

El ve bilek bölgesinde nörolojik, ortopedik rahatsızlığı bulunan hastalara eğlenceli bir tedavi imkanı sunmayı hedefliyoruz.

Ayrıca bu inovatif ürünleri yerli üretime katarak, yabancı sermayeye yatırılan yüksek fiyatları ülke ekonomisinde tutmak istiyoruz.

Kaynaklar

Rapael Smart Glove Brochure, URL: https://content.neofect.com/en/wp-content/uploads/2016/03/RAPAEL-GLOVE-Brochure_Eng.pdf

Hocoma Armeo Brochure, URL: https://knowledge.hocoma.com/wp-content/uploads/2018/12/bro_ArmeoTC_ResearchBrochure_20190218_WEB-1.pdf

Hocoma Armeo Spring, URL: https://www.hocoma.com/solutions/armeo-spring/

Hocoma Armeo Senso, URL: https://www.hocoma.com/solutions/armeo-senso/

Serbest, Kasım, Serdar Ateş, and Arno HA Stienen. "Design of an exercise glove for hand rehabilitation using spring mechanism." *Biomedical Engineering Meeting (BIYOMUT), 2016 20th National*. IEEE, 2016

Akın, Hakan, Abdullah Bal, and Ulvi Başpınar. "El Rehabilitasyon Sistemleri için Akıllı Eldiven Uygulaması." (2017)

Yıldırım, Sibel Aksu; Kılınç, Muhammed; Ünver Akın, Özgür. " Akıllı Aktivite Masası USE-it/ Bilgisayar Oyunuyla Fizik Tedavi" (2018)

Most Rehabilitasyon USE-it Cihazı Tanıtımı, URL: https://webrazzi.com/2017/10/02/most-rehabilitasyon/

KORKMAZ, Mehmet, "Fizyoterapist Kontrollü, Supinasyon ve Pronasyon El Bilek Hareketleri İçin Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Cihazı", 2. Ulusal Biyomedikal Cihaz Tasarımı ve Üretimi Sempozyumu, 16 Mayıs 2017

Serbest, Kasim, Murat Cilli, and Osman Eldogan. "A DYNAMIC VIRTUAL HAND MODEL FOR ESTIMATING JOINT TORQUES DURING THE WRIST AND FINGERS MOVEMENTS." *Journal of Engineering Science and Technology 13.6* (2018): 1665-1676.

TELEKOMÜNİKASYON VERİLERİNDE HADOOP VE SPARK TEKNOLOJİLERİ İLE ÖZELLİK SEÇİMİ UYGULAMASI

Burhan Erdoğdu BEYAZIT

Türksat Uydu Haberleşme ve Kablo Tv. Aş.

erdogdubeyazit@gmail.com

Prof. Dr. Cevriye Temel GENCER

Gazi Universitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06570, Maltepe, Ankara

ctemel@gazi.edu.tr

Özet

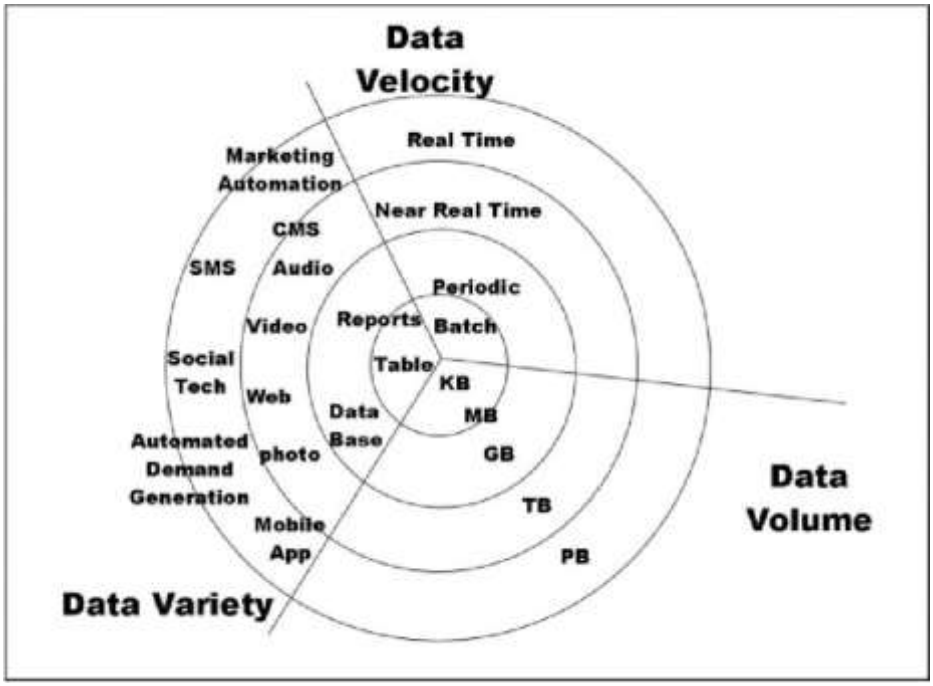
Veri kavramı literatürde veri, enformasyon ve bilgi olmak üzere üç farklı şekilde kullanılmaktadır. Veri, kaynağından elde edilen ham veriyi; enformasyon, verinin işlenmesi ile elde edilen sonuçları; bilgi ise işlenmiş veriden elde edilen sonuçların birbirleri ile ilişkilendirilip, çeşitli yöntemlerle analiz edilerek, geçmiş ve günümüzü aydınlatmakla birlikte geleceğe dair planlamalar yapabilmemizi sağlayan değerler olarak tanımlanabilir. Teknolojide yaşanan değişimler verinin miktarını, çeşitliliğini, akış hızını ön görülemez derecede değiştirirken, aynı zamanda bu veriyi işlemek ve veriden bilgi elde etmek isteyen her organizasyon için bir fırsat haline gelmiştir. Veri konusunda meydana gelen değişimler, veri işleme ile ilgili teknoloji paradigmalarının da yeniden tanımlanmasına neden olmuştur. Bugün "Big Data" olarak tanımlanan büyük veri teknolojileri sıradan donanımlar üzerine kurulabilen, ölçeklenebilir, hata toleranslı, paralel işleme özellikli veri işleme sitemleri olarak bilişim dünyasında yerlerini almışlardır. Böylece veriden bilgi elde etme sürecinin alt yapı sorununa verimli bir çözüm bulunmuş ve makine öğrenmesi çalışmaları konusunda büyük bir ivme sağlanmıştır. Veriden bilgi keşfinin kritik süreçlerinden birisi de veriden özellik seçme konusudur. Özellik seçme kavramı veri madenciliğinin süreçlerinden biri olmakla birlikte "Büyük Veri" çalışmalarında kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmada bir telekomünikasyon firması verileri üzerinde "Filter Method" ile özellik seçme uygulaması yapılmıştır. Çalışmada Hadoop büyük veri sistemi ve Spark Makine öğrenmesi çatısı üzerinde özellik seçme işlemi yapılmadan ve yapıldıktan sonraki

başarımlar “F-score”, “Precision”, “Recall”, “Accuracy” kriterlerine göre karşılaştırılmıştır. Hedef değeri en iyi temsil eden, birbirleri ile korelasyonu en düşük özelliklerin başarımı düşürmeden seçilebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Makine öğrenmesi, Büyük veri, Hadoop, Apache Spark, Özellik seçimi, Boyut indirgeme, Temel bileşen analizi

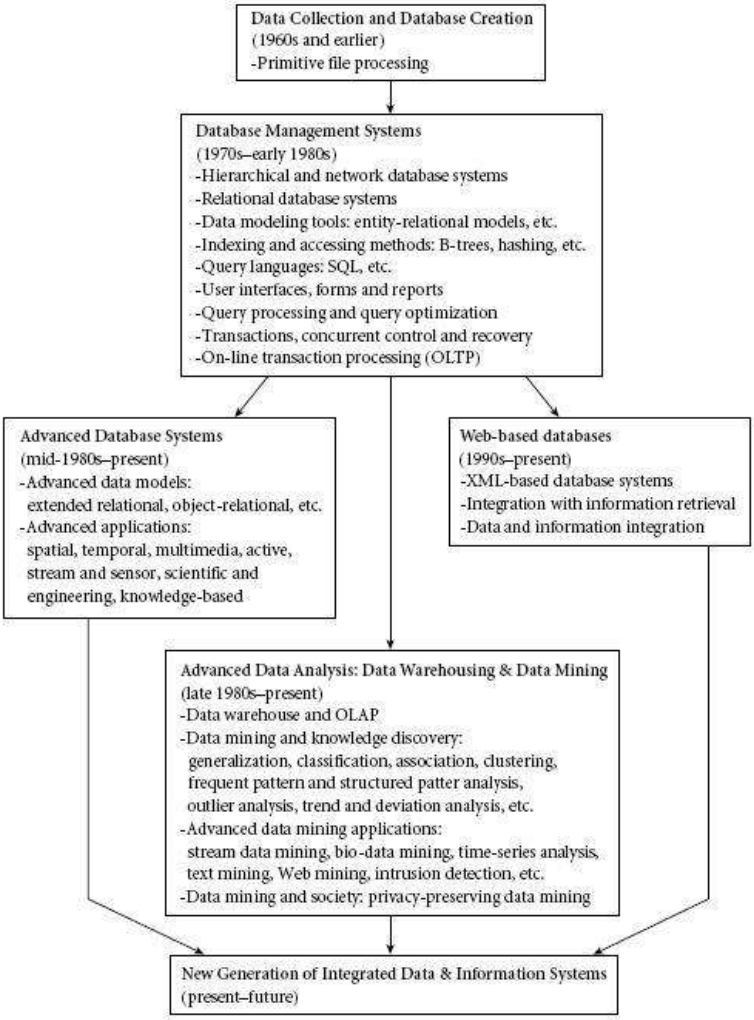
Büyük veri kavramı ve kullanılan teknoloji

İnternete bağlı cihazlar, işletmeler ve insanlar tarafından üretilen veri miktarı üstel olarak artmaktadır. Finans kuruluşları, işletmeler, sağlık kuruluşlarının; hizmet sağlayıcıları, müşterileri ve hastaları ve çalışanları ile olan iletişimleri neticesinde büyük miktarda veri ortaya çıkmaktadır. Bunların da dışında internet aramaları, sosyal medya, GPS sistemleri, borsa işlemleri neticesinde de yapısal veya yapısal olmayan büyük miktarda veri açığa çıkmaktadır. Veri üretimindeki bu çeşitlenme “veri devrimi” veya Büyük Veri Çağı ile sonuçlanmıştır. (Monino & Sedkaoui, 2016, s. 1)



Şekil 13Büyük veri diyagramı

Günümüzde ise yapısal ve yapısal olmayan yığın halinde veya akan verilerin analiz edilebilmesi için büyük veri platformları kullanılmaktadır.



Şekil 14 The evolution of database system technology

(Han & Kamber, 2006, s. 2)

Spark MapReduce paradigmasına hafıza verimliliğinin entegre edilmesi üzerine kurulmuş dağıtık büyük veri işleme çatısıdır.

Spark, ölçeklendirilebilirlik problemlerini verimli bir şekilde çözebilmek için paralelleştirilebilir programların yazılmasını basitleştirecek; MapReduce çatısının yerini alacak bir çatı geliştirme fikrinin bir ürünüdür. (Ganelin, Orhian, Sasaki, & York, 2016, s. 5)

Spark Scala, Java ve Python ile uygulama geliştirmeyi desteklemektedir.

Spark ile akan veri, graf verisi, metin analizi, makine öğrenmesi gibi birçok büyük veri operasyonu yapmak mümkündür.

Veri Seti

Veri seti açık kaynaklı olarak temin edilmiş olan “Churn in Telecom's dataset” verisidir. 3333 satır 21 kolondan oluşmaktadır. Özellik seçimi senaryosu için "account_length", "area_code", "international_plan", "voice_mail_plan", "number_vmail_messages", "total_day_minutes", "total_day_calls", "total_day_charge", "total_eve_minutes", "total_eve_calls", "total_eve_charge", "total_night_minutes", "total_night_calls", "total_night_charge", "total_intl_minutes", "total_intl_calls", "total_intl_charge", "customer_service_calls" (18 özellik) özellikleri "churn" hedef değerini tahmin etmek için kullanılmıştır. "area_code", "international_plan", "voice_mail_plan" verileri kategorik özellik, diğer veriler ise sayısal (sürekli ve kesikli) özellik olarak ele alımıştır. “churn” hedef değişkeni ise iki değerlidir.

Makine Öğrenmesi Algoritması

Spark büyük veri çatısı üzerinde çalışabilen ve aşırı öğrenmeye dayanıklı olan RandomForest Classifier algoritması kullanılmıştır.

Özellik Seçimi olmadan başarım

Başarım Kriteri	**Başarım**
F1- measure	0.83
Precision	0.84
Recall	0.87
Accuracy	0.87

ChiSqSelector İle Başarım

18 özellik içerisinden 10 adet özellik ("international_plan", "voice_mail_plan", "number_vmail_messages", "total_day_minutes", "total_day_charge", "total_eve_minutes", "total_eve_charge", "total_intl_minutes", "customer_service_calls", "total_intl_calls") seçilmiştir. Başarım aşağıdaki gibi olmuştur.

Başarım Kriteri	**Başarım**
F1- measure	0.85
Precision	0.86
Recall	0.88
Accuracy	0.88

FCBFS ile Başarım

Verinin 18 adet özelliği FCBFS algoritmasına verilerek çalıştırıldığında 9 adet özelliğin ("international_plan", "total_intl_calls", "voice_mail_plan", "area_code", "customer_service_calls", "total_eve_minutes", "total_intl_charge", "total_night_calls", "number_vmail_messages") seçiği görülmüştür. Başarım aşağıdaki gibi olmuştur:

Başarım Kriteri	**Başarım**
F1- measure	0.83
Precision	0.89
Recall	0.87
Accuracy	0.87

ChiSqSelector ve FCBFS ile Başarım

ChiSqSelector ile seçilmiş olan 10 özellik FCBFS algoritmasına verilerek çalıştırıldığında 10 özellik içerisinden 8 özellik ("international_plan", "total_intl_calls", "total_day_charge", "voice_mail_plan", "total_intl_minutes", "customer_service_calls", "total_eve_minutes", "total_eve_charge") seçilmiştir. Başarım aşağıdaki gibi olmuştur.

Başarım Kriteri	**Başarım**
F1- measure	0.84
Precision	0.86
Recall	0.87
Accuracy	0.87

Sonuç

Özellik seçimi olmadan başarım 83% – 87% düzeyinde ölçülmüştür. ChiSqSelector ile 18 özellik içerisinden 10 özellik seçilmiş ve başarım 85% – 88% düzeyinde ölçülmüştür. FCBFS ile 18 özellik içerisinden 9 özelilk seçilmiş ve başarım 83% – 89% düzeyinde olmuştur. ChiSqSelector ile seçilen özelliklerin birbirleri ile korelasyonu kontrol edilerek yapılan özellik seçiminde özellik sayısı 8 e düşürülmüş, başarımın ise 84% – 87% düzeyinde olduğu görülmüştür.

MESLEK YÜKSEKOKULLARINDAKİ ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI TEKNOLOJİSİ PROGRAMLARINA GENEL BİR BAKIŞ

***Öğr. Gör. Derya YARIMKAYA**
**Bayburt Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bayburt, Türkiye*
E-mail: deryayarimkaya@bayburt.edu.tr
****Dr. Öğretim Üyesi Ufuk TÖMAN**
***Bayburt Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bayburt, Türkiye*
E-mail: utoman@bayburt.edu.tr

Giriş

Türkiye'nin gelişmekte olan ekonomisi ve artan nüfusuna paralel olarak enerji tüketimi her geçen gün artış göstermektedir. Ancak, mevcut enerji üretimi alt yapısı nedeniyle Türkiye'nin enerji ihtiyacının karşılanmasında büyük oranda dışa bağımlı olduğu bilinmektedir. Türkiye bu enerji altyapısını geliştirebilmek için bir yandan fosil enerji kaynağı arama çalışmaları yürütürken diğer yandan alternatif enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar gerçekleştirmektedir (Yılmaz, 2012). Özellikle son yıllarda alternatif enerji alanındaki girişimlerin neticesinde farklı bölgelerde kurulan rüzgar ve güneş çiftliklerinin sayılarında hızlı bir artış gözlenmektedir (Şahin ve ark., 2019).

Fosil yakıtların doğaya verdiği zarar ve sınırlı rezerv durumu göz önünde bulundurulduğunda, alternatif enerji alanındaki yatırımlar büyük önem arz etmektedir (Yılmaz, 2012). Alternatif enerji alanındaki yatırımlar enerjide dışa bağımlılığı azaltacağı gibi ekonomi ve istihdam alanında önemli bir potansiyelini de beraberinde getirecektir (Şeker, 2016).

Ülkemizde 2023 vizyonu kapsamında alternatif enerjinin payının %30'a yükseltilmesi, rüzgâr enerjisinin 20.000 MW düzeyine çıkarılması, 600 MW jeotermal ve 3.000 MW güneş enerjisi kapasiteli elektrik santralleri kurulması, enerji borsası oluşturulması ve su enerjisinden tam olarak yararlanılması gibi bazı hedeflere ulaşılması öngörülmektedir (Erdal, 2012). Bu hedefler doğrultusunda en somut istihdam hedefi Türkiye Ulusal Enerji Eylem Planında belirtilmektedir. 2023 vizyonu kapsamında kurulması planlanan rüzgâr ve güneş enerji tesisleri aracılığıyla yaklaşık 38000 kişiye istihdam sağlanması planlanmaktadır (Özsoy, 2015; Baykan, 2017).

Alternatif enerji kaynakları elde edilme süreci bakımından karmaşık bir yapıdadır. Bu sebeple alternatif enerji alanda çalışan ara elemanların hem teorik hem uygulamaya dayalı bilgi ve becerilerle donatılarak yetiştirilmesi sağlanmalıdır. Ülkemizde alternatif enerji kaynakları alanında ara eleman ihtiyacı meslek liseleri, meslek yüksekokulları ve çeşitli sertifika programları aracılığıyla karşılanmaktadır (Akyüz ve ark., 2018).

Bu bölümde; sayıları son yıllarda hızla artış gösteren ve alternatif enerji alanında ara eleman yetiştiren alternatif enerji kaynakları teknolojisi programları incelenmekte ve programın meslek yüksekokullarına göre dağılımı, programın içeriği (dersler), programda görevli öğretim elemanı sayısı, dikey geçiş fırsatları ve istihdam olanakları değerlendirilmektedir.

Alternatif Enerji Kaynakları Teknolojisi Programı

Üniversitelerin meslek yüksekokulları bünyesinde yer alan alternatif enerji kaynakları teknolojisi programı; kamu ve özel sektörün enerji alanlarında üretim, dağıtım, bakım, servis ve verimlilik konularında görev yapabilecek nitelikli ara eleman yetiştirilmesini amaçlamaktadır. Alternatif enerji kaynakları teknolojisi programını başarıyla tamamlayan öğrenciler, alternatif enerji kaynakları teknolojisi "ön lisans diploması" ve "tekniker" unvanı almaya hak kazanmaktadır.

1. Programın meslek yüksekokullarına göre dağılımı

2011 yılında 6 meslek yüksekokulunda eğitim ve öğretime başlayan alternatif enerji kaynakları teknolojisi programı (Akyüz ve ark., 2018), Tablo 1'de görüldüğü üzere 2019 yılı itibariyle 39 farklı meslek yüksekokulunda yer almaktadır. Öğrencilere ülkemizin farklı bölgelerindeki devlet veya vakıf üniversitelerinde farklı öğretim türlerinde seçenekler sunulmaktadır. YÖK Program Atlası verilerine göre, 2017 yılında öğrenciler Hacettepe ve Ankara Üniversitesindeki programlar haricinde tercih yapmamıştır (Akyüz ve ark., 2018). 2018 yılında ise öğrenciler Hacettepe Üniversitesi, Ankara Üniversitesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Kayseri Üniversitesi, Pamukkale Üniversitesi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Selçuk Üniversitesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi ve Yakın Doğu Üniversitesi'nde olmak üzere 14 farklı alternatif enerji kaynakları teknolojisi programını tercih etmiştir (YÖK Program Atlası, 2019).

Tablo 1. *Alternatif enerji kaynakları teknolojisi programları bulunan meslek yüksekokullarının dağılımı*

Üniversite	Meslek Yüksekokulu (MYO)	Öğretim Türü	
Ağrı İbrahim Çeçen	MYO	1. öğretim	
Ahi Evran	Mucur MYO	1. öğretim	
Aksaray	Teknik Bilimler MYO	1. öğretim	
Ankara	Gama MYO	1. öğretim	2. öğretim
Ardahan	Teknik Bilimler MYO	1. öğretim	
Atatürk	Pasinler MYO	1. öğretim	
Aydın Adnan Menderes	Buharkent MYO	1. öğretim	
	Söke MYO	1. öğretim	
Bandırma Onyedi Eylül	Gönen MYO	1. öğretim	
Bayburt	Teknik Bilimler MYO	1. öğretim	
Bilecik Şeyh Edebali	MYO	1. öğretim	
Bingöl	Teknik Bilimler MYO	1. öğretim	
Burdur Mehmet Akif Ersoy	Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler MYO	1. öğretim	
Çanakkale Onsekiz Mart	Çan MYO	1. öğretim	
Dokuz Eylül	Bergama MYO	1. öğretim	
Düzce	Gölyaka MYO	1. öğretim	
Erzincan Binali Yıldırım Ü	MYO	1. öğretim	
Giresun	Tirebolu Mehmet Bayrak MYO	1. öğretim	
Gümüşhane	MYO	1. öğretim	
Hacettepe	Ankara Sanayi Odası 1.OSB MYO	1. öğretim	2. öğretim
Hitit	Osmancık Ömer Derindere MYO	1. öğretim	
İzmir Ekonomi	MYO	1. öğretim	
İstanbul Kültür	MYO	1. öğretim	
İstanbul Şişli MYO*	İstanbul Şişli MYO	1. öğretim	2. öğretim
Kastamonu	Tosya MYO	1. öğretim	
Kayseri	Mustafa Çırıkçıoğlu MYO	1. öğretim	
Kocaeli	Uzunçiftlik Nuh Çimento MYO	1. öğretim	
Kütahya Dumlupınar	MYO	1. öğretim	
	Pazarlar MYO	1. öğretim	
Muğla Sıtkı Koçman	Muğla MYO	1. öğretim	2. öğretim
Nevşehir Hacı Bektaş Veli	MYO	1. öğretim	
Niğde Ömer Halis Demir	Bor MYO	1. öğretim	
Pamukkale	Denizli Teknik Bilimler MYO	1. öğretim	2. öğretim
Selçuk	Bozkır MYO	1. öğretim	
	Kadınhanı Faik İçil MYO	1. öğretim	
	Karapınar Aydoğanlar MYO	1. öğretim	
Yaşar **	MYO	1. öğretim	
Yakın Doğu ***	MYO	1. öğretim	
Yıldız Teknik	MYO	1. öğretim	

Not: YÖK Program Atlası ve meslek yüksekokullarının internet adreslerinden derlenmiştir.
*İstanbul Şişli MYO öğrencilere 1. ve 2. öğretim altında ücretli, %50 burslu ve tam burslu olmak üzere 3'er farklı öğrenim seçeneği sunmaktadır.
** Yaşar Üniversitesi öğrencilere 1. öğretim altında %50 burslu ve tam burslu olmak üzere 2 farklı öğrenim seçeneği sunmaktadır.
*** Yakın Doğu Üniversitesi öğrencilere 1. öğretim altında burslu ve %75 indirimli olmak üzere 2 farklı öğrenim seçeneği sunmaktadır.

2. Programda yer alan bazı mesleki dersler ve kredileri

Bireylerin mesleki yeterliliklerin geliştirilmesinde, işgücü piyasasının taleplerinin yerine getirilmesinde, işsizliğin azaltılmasında, üretimde verimlilik ve niteliğin geliştirilmesinde mesleki eğitim son derece önemli bir yere sahiptir (Aykaç, 2002; Özsoy, 2007).

Mesleki eğitimde teorik ve uygulamalı dersler birbirini bütünleyici bir anlayışla ele alınmalı ve teorik derslerin sahadaki karşılığını öğrenciye sunabilecek uygulama dersleri öğretim programlarında yer almalıdır. Bu anlayış bağlamında, ülkemizdeki meslek yüksekokullarında alternatif enerji kaynakları teknolojisi programlarında mesleki derslerin teorik ve uygulamayı bir arada içerek şekilde düzenlenmesi çalışmaları devam etmektedir (Akyüz ve ark., 2018).

Alternatif enerji kaynakları teknolojisi programlarından ön lisans mezunu olabilmek için üniversitelerin sınav yönetmeliklerine göre değişiklik göstermekle birlikte genel olarak çeşitli teorik ve uygulamalı dersleri içeren 120 AKTS'nin başarılı olarak tamamlanması gerekmektedir. Ülkemizdeki bazı meslek yüksekokullarındaki alternatif enerji kaynakları teknolojisi programına ait mesleki dersler ve bu derslerin kredileri Tablo 2'de gösterilmiştir. Ölçme tekniği, güneş enerjisi ile elektrik üretimi, rüzgâr gücü ile elektrik üretimi, biokütle ile enerji üretimi, bor teknolojisi, enerji kaynakları ve dönüştürme sistemleri, jeotermal enerji, hidrojen enerjisi, elektrik enerjisi iletimi ve dağıtımı, güneş enerjisi konut ısıtma sistemleri vb. gibi bazı mesleki dersler alternatif enerji kaynakları teknolojisi öğretim programında yer almaktadır.

Programda laboratuarlarda gerçekleştirilen uygulamalı derslere ek olarak öğrencilerin sektöre yönelik bakış açılarını geliştirebilecek enerji yönetimi ve politikaları (Akyüz ve ark., 2018) ve öğrencilerin çalışma ortamına yönelik bilgi sahibi olmalarını sağlayacak meslek etiği ve iş güvenliği gibi derslerde sunulmaktadır. Bunun yanı sıra öğrencilerin sözleşme ve keşif yapma, proje hazırlama becerileri ile sunum yapma ve rapor hazırlama yeterliliklerinin gelişimi amacıyla sözleşme, keşif ve planlama ile bilimsel araştırma yöntemleri dersleri de programda bulunmaktadır.

Alternatif enerji kaynakları teknolojisi öğretim programlarında yer alan teorik ve uygulamalı dersler, mesleki eğitim stajı ile bütünleştirilerek öğrencilerin mezuniyet sonrası çalışma ortamına uyum sağlamaları desteklenmektedir. Bu sayede öğrencilerin vizyon sahibi, sorumluluk alabilen, görev bilinci yüksek, teorik bilginin yanı sıra uygulama becerisine sahip teknik ara elemanlar olarak yetiştirilmeleri amaç edinilmektedir (Akyüz ve ark., 2018).

Tablo 2. *Alternatif enerji kaynakları teknolojisi öğretim programında yer alan bazı mesleki dersler ve kredileri*

Dersler/Üniversite	Hacettepe	Ankara	Bayburt	Düzce	Yaşar
Ölçme tekniği	3 AKTS	3 AKTS	5 AKTS		2 AKTS
Güneş enerjisi ile elektrik üretimi	4 AKTS	3 AKTS		5 AKTS	4 AKTS
Rüzgâr gücü ile elektrik üretimi	3 AKTS	4 AKTS	3 AKTS	5 AKTS	4 AKTS
Biokütle ile enerji üretimi	3 AKTS	3 AKTS	3 AKTS	2 AKTS	
Bor teknolojisi	3 AKTS	2 AKTS	3 AKTS	2 AKTS	
Enerji kaynakları ve dönüştürme sistemleri	3 AKTS	3 AKTS	3 AKTS		
Jeotermal enerji	3 AKTS	3 AKTS	3 AKTS	4 AKTS	3 AKTS
Hidrojen enerjisi	3 AKTS	2 AKTS	3 AKTS	2 AKTS	
Elektrik enerjisi iletimi ve dağıtımı	3 AKTS	3 AKTS	3 AKTS	3 AKTS	4 AKTS
Güneş enerjisi konut ısıtma sistemleri	3 AKTS		3 AKTS	3 AKTS	3 AKTS

Not: Meslek yüksekokullarının internet adreslerinden derlenmiştir.

3. Programda görevli öğretim elemanı sayısı

Ülkemizdeki meslek yüksekokulları bünyesinde yer alan 50 farklı alternatif enerji kaynakları programında 2019 yılı Mayıs ayı itibariyle 69 öğretim elemanı bulunmaktadır. Tablo 3'de görüldüğü gibi, öğretim elemanlarının 56'sı devlet üniversitelerinde, 13'ü ise vakıf üniversitelerinde görev yapmaktadır. Programlarda görevli akademisyenlerin 54'nün öğretim görevlisi, 11'inin doktor öğretim üyesi, 2'sinin doçent doktor ve 2'sinin profesör doktor olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3. *Alternatif enerji kaynakları teknolojisi programlarındaki öğretim elmanı sayısı*

Öğretim Elemanı/Üniversite	Devlet	Vakıf	Toplam
Öğr. Gör.	45	9	54
Dr. Öğretim Üyesi	8	3	11
Doç. Dr.	1	1	2
Prof. Dr.	2	-	2
Toplam	56	13	69

Not: Meslek yüksekokullarının internet adreslerinden derlenmiştir.

4. Dikey Geçiş Fırsatları

Alternatif enerji kaynakları teknolojisi programını başarı ile tamamlayan öğrenciler, Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM) tarafından düzenlenen Dikey Geçiş Sınavı (DGS) ile 4 yıllık fakültelere geçme imkânı bulabilmektedir. DGS, 2 yıllık bir ön lisans öğrenimi sonrası 4 yıllık lisans eğitimine geçiş yapmaya imkân sunan ve ÖSYM tarafından düzenlenen bir sınav sistemidir. Öğrencilerin geçiş yapacakları lisans bölümlerinin puan türlerine uygun olan bir DGS puanı almaları ve varsa ilgili lisans bölümünün özel şartlarını

sağlamış olmaları gerekmektedir. Alternatif enerji kaynakları teknolojisi programı mezunu öğrenciler, lisans bölümlerine dikey geçiş yapabilme imkânının yanı sıra Açıköğretim Fakültesinin bazı bölümlerine de DGS sınavı olmaksızın geçiş yapabilmektedir.

ÖSYM 2018 DGS sınav kılavuzuna göre, alternatif enerji kaynakları mezunu öğrencilerin geçiş yapabilecekleri lisans ve açıköğretim bölümleri şu şekildedir:

Lisans Bölümleri;

- Elektrik Mühendisliği,
- Elektrik-Elektronik Mühendisliği,
- Enerji Sistemleri Mühendisliği,
- Enerji Yönetimi,
- Fizik,
- Fizik Mühendisliği,
- Nükleer Enerji Mühendisliği.

Açıköğretim Bölümleri;

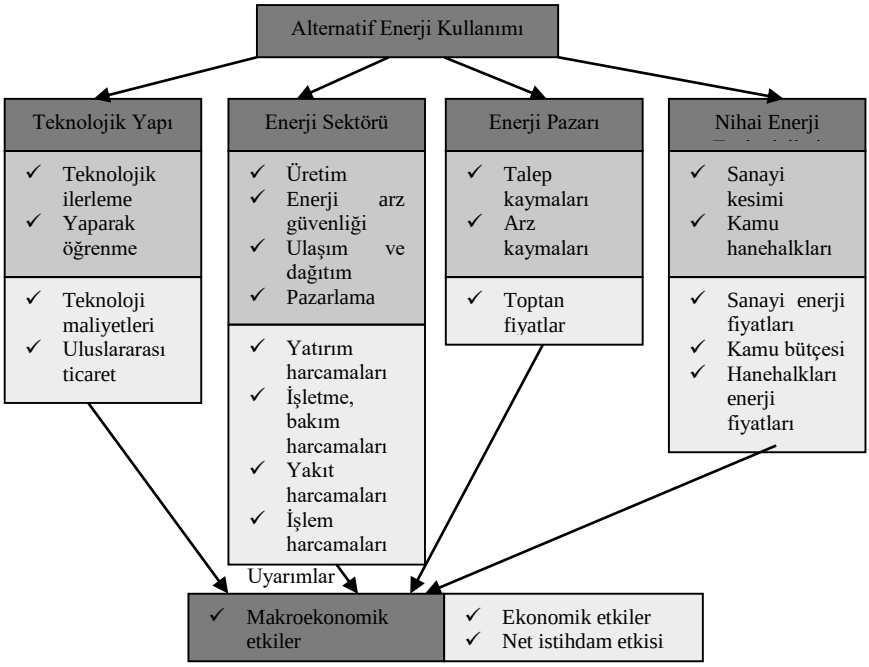
- Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri,
- İktisat,
- Kamu Yönetimi,
- Maliye,
- Uluslararası İlişkiler,
- İşletme,
- Konaklama İşletmeciliği,
- Halkla İlişkiler ve Reklamcılık,
- Halkla İlişkiler ve Tanıtım.

5. Mezuniyet Sonrası İstihdam Profili

Alternatif enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalar, alternatif enerji sistemlerinin gelişmesine paralel olarak yaşanacak ekonomik büyümelerin, bu alanda geleceği olan yeni işlerin ortaya çıkacağını ön görmektedir (Dalton ve Lewis, 2011).

Alternatif enerji kaynakları ile bağlantılı istihdam imkânları; doğrudan, dolaylı ve uyarılmış istihdam olarak 3 başlık altında ele alınmaktadır (Meyer ve Sommer, 2014). Doğrudan istihdam, bizzat alternatif enerji sektörünün oluşturduğu istihdamı ifade etmektedir. Alternatif enerji kaynaklarına yönelik teknoloji gelişimi, ARGE, üretim-kurulum-inşa ve işletme-bakım alanlarında gözlenen istihdam doğrudan istihdama örnek verilebilir. Dolaylı istihdam, alternatif enerji sektörünün tedarik zincirinde yer alan istihdamı kapsamaktadır. Uyarılmış istihdam ise alternatif enerji ile doğrudan bir bağı bulunmamasına karşın bu sektörde yaşanacak gelişmelerden etkilenen diğer sektörlerdeki

istihdam değişimlerini içermektedir (Ağpak ve Özçiçek, 2018). Alternatif enerji sektörünün istihdam potansiyelini netleştirebilmek adına Alternatif Enerji Kullanımın Net İstihdama Etkisi adlı Şekil 1'deki bilgiler analiz edilebilir. Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ilk olarak bir ülkenin teknolojik alt yapı, enerji sektörü ve toptan/nihai enerji fiyatları üzerinde etki oluşturmaktadır. Ardından bu alanlarda gözlenen gelişmeler ekonomi ile etkileşim içinde istihdam, milli gelir ve gelir dağılımı gibi makroekonomik değerleri etkilemektedir (Ağpak ve Özçiçek, 2018).



Şekil 1. Alternatif Enerji Kullanımının Net İstihdama Etkisi
(European Commission (2014)'den aktaran Ağpak ve Özçiçek, 2018).

Alternatif enerji kaynakları alanında ülkemizde yaşanan gelişmeler önemli bir istihdam potansiyelini beraberinde getireceği gibi (Erdal, 2012), bu alanda özellikle ara eleman ihtiyacında gün geçtikçe artış olması beklenmektedir. Ülkemizde alternatif enerji kaynakları alanında ara eleman ihtiyacının önemli bir bölümü meslek yüksekokulları bünyesindeki alternatif enerji kaynakları teknolojisi programları aracılığıyla karşılanmaktadır. Alternatif enerji kaynakları teknolojisi programlarından mezun olan öğrenciler, alternatif enerjinin farklı alanlarında üretim, dağıtım, bakım ve servis konularında tekniker olarak istihdam olanağı bulabilmektedir.

Program mezunları genel olarak; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE), Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ), Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ), DSİ, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ), Türkiye

Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO), Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ), Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. (TÜPRAŞ) ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK)'te çalışabilmektedir. Bunun yanı sıra, programdan mezun olan öğrenciler rüzgâr tribünlerinden güneş panellerine, bio yakıt teknolojisinden jeotermal enerji santrallerine kadar alternatif enerji alanında faaliyet gösteren özel sektör kuruluşlarında istihdam edilebilmektedir (Erzincan Üniversitesi, 2019; Hacettepe Üniversitesi, 2019).

Sonuç

Ülkemizde alternatif enerji alanındaki ara eleman ihtiyacının karşılanmasında önemli bir rol oynayan alternatif enerji kaynakları teknolojisi programlarının sayısı her geçen gün artmaktadır. Programın yurt genelindeki dağılımı farklı bölgelerdeki öğrencilerin kolaylıkla bu programı tercih etmesine imkân sunmaktadır. Program içeriğindeki teorik ve uygulamalı derslerin yanı sıra staj imkânı, öğrencilerin mezuniyet sonrası sektöre uyum sağlamasına ve nitelikli bir tekniker olarak yetişmesine destek olmaktadır. Mezuniyet sonrası öğrenciler için alternatif enerji kaynakları ve enerji ile ilgili faklı sektörlerde istihdam olanağı bulunmaktadır. Ayrıca, öğrenciler mezuniyet sonrası 4 yıllık fakültelere ve açıköğretim bölümlerine geçiş imkânı bularak eğitimlerine devam edebilmektedir.

Alternatif enerji kaynaklarının elde edilme sürecindeki karmaşık yapı ve ülkemizin alternatif enerji alanında geleceğe yönelik belirlediği hedeflerin sürdürülebilirliği bu alanda nitelikli eleman yetiştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, alternatif enerji kaynakları teknolojisi programlarında verilen eğitimlerin, uluslararası örnek programlar incelenerek ARGE temelli bir yaklaşımla sürekli güncellenmesi ve üniversite adayı öğrencilerde bu alana yönelik farkındalık geliştirilmesi, sektörün ihtiyaç duyduğu nitelikli ara eleman ihtiyacı bakımından önem arz etmektedir.

Kaynaklar

Ağpak, F., & Özçiçek, Ö. (2018). Bir istihdam politikası aracı olarak yenilenebilir enerji. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 11(2), 112-128.

Akyüz, A. Ö., Kumaş, K., Temiz, D., Yoldaş, F., & İnan, O. (2018). Türkiye'de alternatif enerji kaynakları için mesleki eğitim veren kuruluşlar ve durumları. *Mesleki Bilimler Dergisi (MBD),* 7(2), 153-159.

Aykaç, N. (2002). Türkiye'de ve bazı Avrupa Birliği ülkelerinde mesleki teknik eğitim (Almanya, Fransa, İsviçre, İspanya, Yunanistan Örneği). *Milli Eğitim Dergisi*, Sayı no: 155-156.

Baykan, B. G. (2017). İşini güneşe dön projesi. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Sektörel Araştırma Raporu.

Dalton G. J., & Lewis T. (2011). Metrics for measuring job creation by renewable energy technologies, using Ireland as a case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 2123-2133.

Erdal, L. (2012). Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımları ve istihdam yaratma potansiyeli. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 4(1), 171-181.

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi. (2019). Mezunlarının istihdam profili. http://derspaketleri.erzincan.edu.tr/getProgram.aspx?mod=0&program=129&Adi=System.Xml.XmlElement adresinden erişilmiştir.

Hacettepe Üniversitesi. (2019). Mezunlarının mesleki profili. http://akts.hacettepe.edu.tr/program_detay.php?birim_ref=AKDBRM_00000000000000000000000197&birim_kod=643&prg_oid=PRGRAM_0000000000000000000000009&prg_kod=643&programduzey=1&submenuheader=2 adresinden erişilmiştir.

Meyer, I., & Sommer, M.W. (2014). Employment Effects of Renewable Energy Supply A Meta Analysis. *WWWforEurope Policy Paper*, 12, 1-34.

ÖSYM. (2019). Ön lisans mezuniyet alanlarına göre dikey geçiş yapılabilecek lisans programları. https://dokuman.osym.gov.tr/pdfdokuman/2018/DGS/TERCIH/TABLO2_06092018.pdf adresinden erişilmiştir.

Özsoy, C. (2007). *Türkiye'de mesleki ve teknik eğitimin iktisadi kalkınmadaki yeri ve önemi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları, 1780.

Özsoy, C. E. (2015). Mesleki eğitim-istihdam ilişkisi: Türkiye'de mesleki eğitimin kalite ve kalitesi üzerine düşünceler. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 4. UMYOS Özel Sayısı, 173-181.

Şahin, C., Karaçor, M., & Özbay, H. (2019). Yenilenebilir enerji kaynağı kurulum gücü minimize katsayısının belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 15, 404-411.

Şeker, A. (2016). Yenilenebilir enerji, Türkiyede yenilenebilir enerji potansiyeli ve yeşil pazarlama ve yenilenebilir enerjinin pazarlanması. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(46), 809-828.

Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.

YÖK Program Atlası. (2019). TYT puan türü ile öğrenci alan önlisans programları. https://yokatlas.yok.gov.tr/tercih-sihirbazi-t3-tablo.php?p=tyt adresinden erişilmiştir.

AISI 430 PASLANMAZ ÇELİĞİNİN ELEKTRO EROZYON YÖNTEMİ İLE İŞLENEBİLİRLİĞİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESi

Oya ARAT[1], Ramazan ÇAKIROĞLU[2], Hacı Bekir ÖZERKAN[2], Mustafa GÜNAY[1]

[1] Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Karabük, Türkiye
[2] Gazi Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Ankara, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, işlenebilirliği zor metallerden biri olan AISI 430 paslanmaz çeliğinin dalma elektro erozyon tekniği ile işlenmesinde, işleme parametrelerinin iş parçası işleme hızı (İİH) ve ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerindeki etkileri incelenmiştir. EEİ deneylerinde, işleme parametreleri olarak boşalım akımı (I), vurum süresi (Ton) ve vurum bekleme süresinin (Toff) üç farklı seviyesi seçilmiş olup, elektrot malzemesi olarak bakır kullanılmıştır. Gazyağının dielektrik sıvı olarak kullanıldığı deneyler, Taguchi L_9 dikey dizini göre yapılmıştır. Deneysel sonuçlara göre boşalım akımı ve vurum süresinin artmasıyla işleme hızı ve yüzey pürüzlülüğünün artığı belirlenmiştir. ANOVA sonuçları incelendiğinde, İİH ve Ra üzerinde en etkili parametrenin sırasıyla %52,96 ve %47,13 PCR ile boşalım akımı olduğu tespit edilmiştir. Diğer işleme parametrelerinin önem sıralaması ise vurum süresi ve vurum bekleme süresi olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: AISI 430, Elektro erozyon ile işleme, Yüzey pürüzlülüğü, İİH

1. Giriş

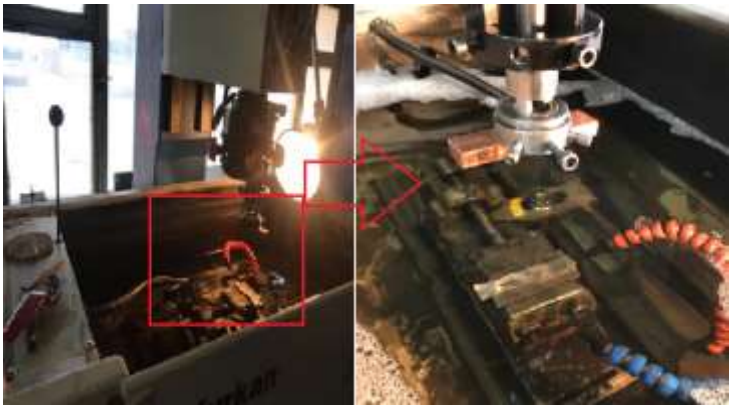
Geleneksel olmayan imalat yöntemlerinde uygulanan imalat yöntemlerinden birisi de elektriksel kıvılcımla aşındırma yöntemi olan elektro erozyon ile işleme (EEİ) yöntemidir. Elektro erozyon tekniğinde, kıvılcım boşalımı ile elektriksel iletken tüm metaller üç boyutlu olarak tek seferde kolaylıkla işlenebilmektedir (Cogun, Özerkan, & Karacay, 2006, s. 1040; Özerkan, & Çoğun, 2005, s. 214; Çoğun, 2002, s. 48). Dolayısıyla imalatta iş parçası elektriksel iletkenliğinin önemli olduğu, yüksek sertlik ve tokluk değerlerinin imalat performansını, ihmal edilecek kadar az etkilediği bir teknik olan EEİ ile yapılmış çalışmalara bakıldığında, Ramirez ve Franco, EEİ ile AISI 316 paslanmaz çeliğinin işlenmesinde, hem akım ve işleme derinliğinin yüzey kalitesi ve işleme süresi hakkında önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir (Mascaraque-Ramirez, & Franco, 2015, s. 680). Rajmohan ve arkadaşları, AISI 304 paslanmaz çeliğinin EEİ ile işlenmesinde vurum süresi, vurum aralığı, gerilim ve akım gibi elektriksel

parametrelerin malzeme kaldırma oranı üzerindeki etkisini hakkında çalışmalar yapmıştır. İşleme akımı ve vurum süresinin yüzey bütünlüğü ve İİH üzerinde en etkin parametreler olduğunu vurgulamıştır (Rajmohan, Prabbu, Rao, & Palanikumar, 2012, s. 1031). Çoğun ve arkadaşları, DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin EEİ ile işlenmesinde boşalım akımı, ark süresi, ark aralığı ve elektrot çapının işleme hızı, takım aşınma hızı, işparçası ve elektrot yüzey pürüzlülükleri ve elektrot kenar aşınması üzerine etkilerini incelemiştir. İşleme sonucu, boşalım akımının ve vurum süresinin artışıyla, İİH, elektrot aşınma hızı, yüzey pürüzlülüğü ve elektrot kenar aşınmasında artış olduğu belirtmiştir. Ancak vurum süresinin elektrot yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin az olduğu savunulmuştur (Çoğun, Kocabaş, Özgedik, & 2004, s. 102). Chen ve Mahdivan, EEİ ile işlemede en iyi yüzey kalitesini bulmayı hedeflemişlerdir. Araştırmaları sonucu en uygun ark süresi ve ark aralığı ile yüksek erozyon oranının ve en iyi yüzey kalitesinin elde edileceğini görmüşlerdir (Chen, & Mahdavian, 1999, s. 350). EEİ tekniğinin yeni geliştirilen malzemelerin işlenebilirliği üzerine araştırmalar halen devam etmektedir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Deney Düzeneğinin Tasarımı

Bu çalışmada, AISI 430 paslanmaz çelik dalma elektro erozyon yöntemiyle işlenebilirliği araştırılmıştır. Deneyler, Şekil 1' de gösterilen deney düzeneğine göre Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Deney yapılan tezgah ve deney düzeneği

İşleme sırasında takım malzemesi olarak, elektrik iletkenliği diğer takımlara göre daha iyi olduğu için bakır elektrod kullanılmıştır. Dielektrik sıvısı olarak gaz yağı tercih edilmiştir. Paslanmaz çeliğe, verimliliğe en çok etki eden üç farklı parametre uygulanmıştır. Bu parametreler; akım, vurum süresi, vurum bekleme süresidir. Deney 9 farklı parametre değişimi ile iki kere tekrar edilmiştir.

Kullanılan parametrelerin malzeme kaldırma oranı, elektrod aşınma oranı ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri incelenmiştir.

Taguchi yöntemine göre yapılan deney tasarımında, iş parçasına 3 ayrı parametre uygulanmıştır. Bu parametreler; boşalım akımı (I), vurum süresi (Ton), vurum aralığı (Toff) dır. Uygulanan girdi parametrelerin, deney sonrası elde edilecek İİH ve Ra' ya etkisi incelenmiştir. Girdi parametreleri uygun şekilde seçilerek İİH ve Ra sonuçlarını ne derecede etkilediği sonuçlarına yorumlanmıştır. Deneylerde kullanılan faktörler ve seviyeleri Tablo 1'de verilmiştir. Taguchi L_9 ortogonal dizinine göre uygulanan deney tasarımı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Faktörler ve seviyeleri.

Faktörler	**Seviye**		
	1	**2**	**3**
Akım, I (A)	6	12	25
Ark süresi, Ton (µs)	12	100	400
Ark aralığı, Toff (µs)	50	100	200

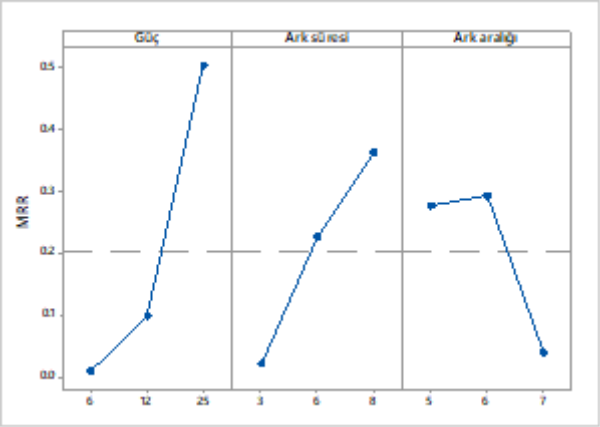
Elektro erozyon deneyleri, Tablo 2'de verilen her bir deney numarası için iki kere tekrarlı olarak yapılmıştır. Deneysel sonuçlara %95 güven aralığında varyans analizi (ANOVA) uygulanarak İİH, Ra üzerinde değişkenlerin etki seviyeleri belirlenmiştir. ANOVA yardımı ile deney sonrasıı istenen verilerin üzerinde en büyük etkinin, seçilen parametrelerden hangisi olduğu bulunmaktadır. Deney tasarımı ve varyans analizi Minitab17 paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. Deneylerde uygulanan Taguchi L9 deney tasarımı.

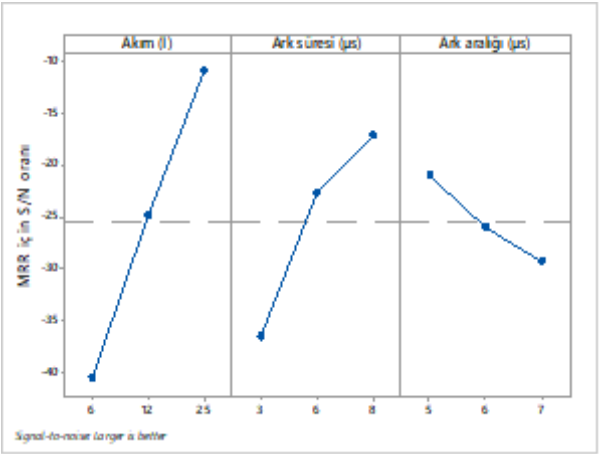
Deney No	**A**	**B**	**C**
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

2.2. Deneysel Bulgular ve Tartışma

AISI 430 paslanmaz çeliğin EEİ ile işlenmesinde, işleme parametrelerine göre talaş kaldırma hızına etkileri Şekil 2'de gösterilmiştir. Boşalım akımı arttıkça İİH oranının arttığı görülmektedir. Ark süresi arttırıldığında yine İİH'nin arttığı görülmektedir. Ark aralığının artışında akım 6A'den 7A'ya çıkarıldığında İİH'da bir miktar azalma görülmekte olup, bu parametrenin İİH'ya çok bir etkisi olmadığı görülmektedir. Akım değerindeki artış şeklindeki değişimin enerji yoğunluğu yüksek kıvılcımların daha kısa zamanda daha büyük kraterler oluşturmasından kaynaklanmaktadır. AISI 430 paslanmaz çeliğin EEİ ile işlenmesinde, işleme parametrelerine göre talaş kaldırma hızı için sinyal/gürültü oranı etkileri Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 2. İşleme parametrelerinin İİH'ya etkisi.



Şekil 3. İİH için sinyal/gürültü oranı.

Ton her bir arkın uygulanma süresini (ark süresi), Toff süresi elektrodlara ardarda uygulanan iki gerilim arasındaki süreyi (ark aralığı-bekleme süresi)

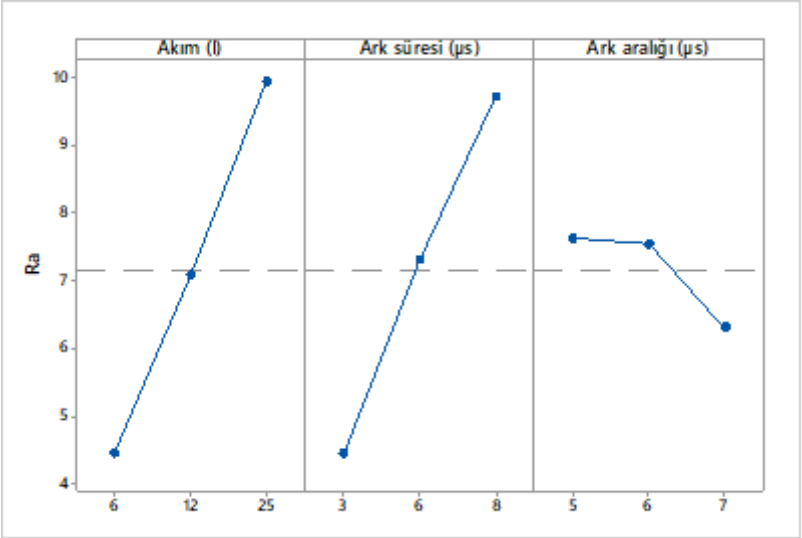
gösterir. Grafiğe göre İİH için en büyük en iyi (en yüksek değer) seçilmelidir. Sinyal/gürültü oranı en büyük en iyi değer olarak alındığında, I arttığı zaman bu değerin arttığı görülmektedir. Yine Ton'daki artış bu değeri arttırmaktadır. Toff' daki artış ise, bu değerde bir miktar azalma meydana getirmiştir. AISI 430 paslanmaz çeliğin EEİ ile işlenmesinde, işleme parametrelerine göre talaş kaldırma hızı için oluşturulan ANOVA sonuç değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. İİH için ANOVA sonuçları.

Faktör	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (KT)	Kareler Ortalaması (KO)	F Değeri	P Değeri	PCR (%)
I (A)	2	0,41245	0,20622	5,89	0,145	52,96
Ton (µs)	2	0,17659	0,08829	2,52	0,284	22,67
Toff (µs)	2	0,11970	0,05985	1,71	0,369	15,37
Hata	2	0,07004	0,03502			8,9
Toplam	8	0,77878				100,00

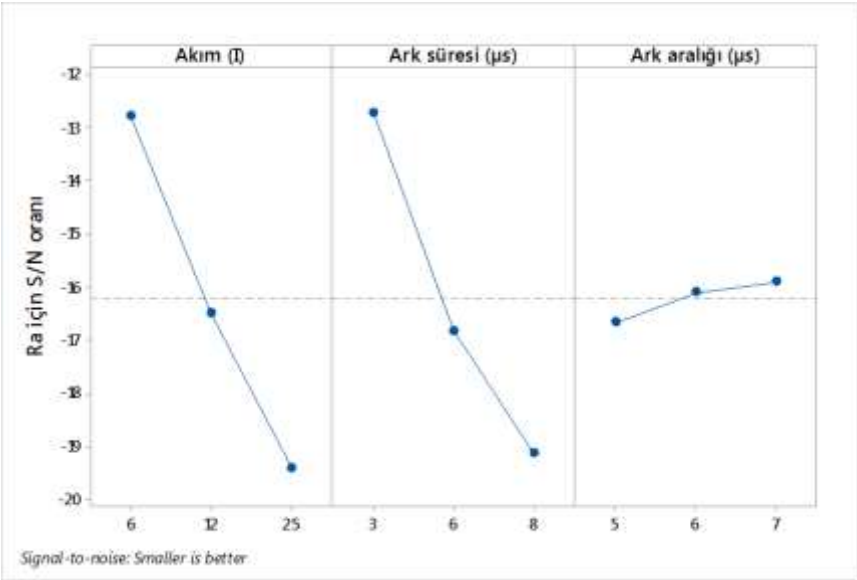
Tablo 3'e bakıldığında, İİH üzerinde en fazla öneme sahip değişken % 52,96 PCR ile boşalım akımı olarak bulunmuştur. İİH üzerinde ikinci derecede öneme sahip değişken ise % 22,67 PCR ile ark süresidir. Ark aralığının etkisi % 15,37 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak ark aralığı İİH'a etkisi en az olan işleme parametresi olarak belirlenmiştir.

AISI 430 paslanmaz çeliğin EEİ ile işlenmesinde, işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülüğüne etkileri Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. İşleme parametrelerinin Ra ‘ya etkisi.

Boşalım akımı ve ark süresi arttıkça Ra oranının doğrusal bir şekilde arttığı görülmektedir. Ark aralığının artışında akım 5A’ dan 6A’ya çıkarıldığında Ra’da ve akım 6A’dan 7A’ya çıkarıldığında Ra değerindeki azalma oranı artmıştır. AISI 430 paslanmaz çeliğin EEİ ile işlenmesinde, işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülüğü için sinyal/gürültü oranı etkileri Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. Yüzey pürüzlülüğü için S/N oranı etkileri.

Grafiğe göre Ra için en küçük en iyi (en küçük değer) seçilmelidir. Sinyal/gürültü oranının en küçük en iyi değeri olarak alındığında, boşalım akımı

arttığı yüzey pürüzlülüğünde doğrusal bir azalma görülmüştür. Ark süresindeki artış Ra değerinde azalma meydana getirmiştir. Ark aralığındaki artış ise bu değerde bir miktar artma meydana getirmiştir. Ark aralığının Ra için sinyal/gürültü oranını çok etkilemediği görülmüştür. AISI 430 paslanmaz çeliğin EEİ ile işlenmesinde, işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülüğü için oluşturulan ANOVA değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. R_a için ANOVA sonuçları.

Faktör	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (KT)	Kareler Ortalaması (KO)	F Değeri	P Değeri	PCR (%)
I (A)	2	45,016	22,508	8,16	0,109	47,12
Ton (µs)	2	41,708	20,854	7,56	0,117	43,66
Toff (µs)	2	3,284	1,642	0,60	0,627	3,43
Hata	2	5,516	2,758			5,79
Toplam	8	95,524				100,00

Tablo 4'e bakıldığında, Ra üzerinde en fazla öneme sahip değişken % 47,12 PCR ile boşalım akımı olarak bulunmuştur. Ra üzerinde ikinci derecede öneme sahip değişken ise % 43,66 PCR ile ark süresidir. Görünüşe göre boşalım akımı ve ark süresi değerlerinin Ra'ya etkisi çok yakın olarak bulunmuştur. Ark aralığının etkisi % 3,43 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak Toff parametresinin, İHH'ya etkisi çok azdır.

3. Sonuçlar

Taguchi L9 dikey dizinine göre yapılan EEİ deneyleri sonucunda İİH ve Ra değerleri yorumlanmıştır. Paremetreler, Taguchi ve ANOVA yöntemleriyle analiz edilmiştir. Elde edilen işlenmiş yüzeyler, üst üste binmiş kraterlerden oluşan dalgalı bir pürüzlülük deseninde oluşmuştur. Sonuçta, İİH oranının artması için girdi parametrelerinden biri olan akım değeri artışının en etkili, baskın parametre olduğu görülmüştür. Böylelikle akım değerindeki artışın daha geniş çaplı ve derin kraterleri oluşturmasından dolayı, Ra oranında da artış göstermiştir. Girdi parametrelerinden bir diğeri olan Ton süresindeki artış, yine İİH oranını arttırırken Toff süresinin, İİH için çok etkili olmadığı görülmüştür. Ancak Ton değerinin yüzey pürüzlülüğünü ikincil önemde arttırdığı belirlenmiştir. Ark aralığındaki artışın ise yüzey pürüzlülüğünü çok az arttırdığı tespit edilmiştir. Bu durum ANOVA analizi sonucuyla da uyumlu olup Ra

üzerine en az etki yapan girdi parametresi olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak bu çelik malzemenin işlenmesinde İİH ve Ra için yüksek değerlerde işleme performansını elde etmek için, önem ve etki değerine göre tezgah parametrelerinin sırasıyla I, Ton ve Toff olduğu tespit edilmiştir.

4. Kaynakça

Chen, Y., & Mahdavian, S. M. (1999). Parametric Study into Erosion Wear in a Computer Numerical Controlled Electro-Discharge Machining Process. *Wear*, *236*(1-2), 350-354.

Cogun, C., Özerkan, B., & Karacay, T. (2006). An Experimental Investigation on the Effect of Powder Mixed Dielectric on Machining Performance in Electric Discharge Machining. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, *220*(7), 1035-1050.

Çoğun, C., Akaslan, S. (2002). The Effect of Machining Parameters on Tool Electrode Edge Wear and Machining Performance in Electric Discharge Machining (EDM). *KSME International Journal*, *16*(1), 46-59.

Çoğun, C., Kocabaş, B., & Özgedik, A. (2004). Elektro Erozyon ile İşlemede (EEİ) İş Parçası Yüzey Pürüzlülük Profilinin Deneysel Ve Teorik Olarak İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *19*(1), 97-106.

Mascaraque-Ramirez, C., & Franco, P. (2015). Experimental Study of Surface Finish During Electro-Discharge Machining of Stainless Steel. *Procedia Engineering*, *132*, 679-685.

Rajmohan, T., Prabhu, R., Rao, G.S., & Palanikumar, K. (2012). Optimization of machining parameters in electrical discharge machining (EDM) of 304 stainless steel. *Procedia Engineering*, *38*, 1030-1036.

Özerkan, B., & Çoğun, C. (2005). Effect of Powder Mixed Dielectric on Machining Performance in Electric Discharge Machining (EDM). *Gazi University Journal of Science*, *18*(2), 211-228.

PROFİL TORNALAMA İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN OPTİMİZASYONU VE MODELLENMESİ

Mustafa Kızıldere[1], Ramazan Çakıroğlu[2], Mustafa Günay[1]

[1] Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Karabük Ankara Türkiye
[2] Gazi Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Türkiye

Özet

Bu çalışmada, AISI D3 soğuk iş takım çeliğinden profil tornalama yöntemi ile standartlara uygun olarak üretilen yorulma numunelerinin yüzey kalitesi incelenmiştir. İşleme deneyleri, üç farklı kesme hızı (V) ve ilerleme miktarı (f) ile iki farklı kesme derinliğinde (a) kuru kesme ortamında yapılmıştır. Kaplamalı karbür kesici takım ile yapılan deneyler sonrasında yüzey pürüzlülükleri ölçülerek, profil tornalama yönteminde işleme parametrelerinin etkileri analiz edilmiştir. Tüm kesme şartlarında deneyler üç defa tekrar edilmiş olup, ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerlerinin ortalaması ölçülerek değerlendirmeler yapılmıştır. Taguchi metodolojisine göre yapılan analizler sonucunda optimum işleme parametreleri belirlenmiştir. Ayrıca, çoklu regresyon analizi ile Ra tahmini için bir matematiksel model geliştirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün en küçük olması durumu için hesaplanan S/N oranlarına göre optimum parametre seviyeleri a1V3f1 olarak belirlenmiştir. İşleme parametrelerinin Ra üzerindeki etki düzeylerinin belirlenmesinde varyans analizi kullanılmış olup, %78.02 PCR ile ilerleme miktarı en önemli parametre olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Profil tornalama, AISI D3, Yüzey pürüzlülüğü, Optimizasyon, Taguchi, Regresyon

Profile Turning Optimization and Modeling of Surface Roughness

Abstract

In this study, fatigue specimens produced by AISI D3 high carbon tool steel profile turning method according to standards of surface quality were examined. Processing tests made in dry cutting ambience at three different cutting speed (V), three diffrent feed rate and two different depth of cut (a) parameters. After the tests measured surface roughness with coated carbide cutting tool. Effects of machining parameters in profile turning method were analyzed. Experiments were repeated three times in all cutting conditions. Average of surface roughness values (Ra) were measured and evaluated. The optimum processing parameters were determined as a result of the analysis according to Taguchi methodology. Also, a mathematical model has been developed for estimating Ra by multiple regression. Optimum parameter levels were determined as a1V3f1 according to the calculated S / N ratios for the minimum

surface roughness. Variance analysis was used to determine the effect levels of processing parameters on Ra.

Key words: Profile turning, AISI D3 steel, Surface roughness, Optimization, Taguchi, Regression

1. Giriş

Metal malzemelerden makine parçası imalatında yoğun olarak kullanılan talaşlı imalat yöntemlerinden birisi tornalamadır. Bu yöntemde, işleme veya kesme parametreleri olarak bilinen kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği ile işlenen malzeme-kesici takım çifti arasındaki etkileşimler parçaların kalitesini belirlemektedir. Bu nedenle, imalatı istenilen parçanın ölçü tamlığı ve yüzey bütünlüğünden (yüzey pürüzlülüğü, mikrosertlik, kalıntı gerilme) ödün vermeden işleme parametrelerinin işlenen malzeme kalitesine göre optimize edilmesi hem işleme maliyeti hem de parçanın çalışma ömrü açısından önem arz etmektedir.

Soğuk iş takım çelikleri; 200°C'nin altında çalışan metalleri, şekillendirmek ve kesmek için üretilen kalıpların ve takımların imalatında kullanılan malzeme grubudur. Yüksek aşınma direnci, yüksek çatlama direnci, yüksek tokluğa ve yüksek sertleştirilme kabiliyetine sahip AISI D2 soğuk iş takım çeliği işlenebilirliği ve şekillendirilmesi kolay olduğundan imalatta çok kullanılan bir malzemedir (Çiçek, Ekici, Akıncıoğlu, Uygur, Kıvak 2012, s. 2).

Özerkan, tornalamada oluşan yüzey pürüzlülüğünün yorulma ömrüne etkisini araştırmıştır. İmalat esnasında imalatın tipine göre oluşan yüzey pürüzlülük profili ve boyutları, yüzeylerde gerilme yığılması ve bunun sonucunda çatlak oluşumu ile başlayan yorulma hasar mekanizmasının oluşumunu tetikleyen bir yapı sergilediğini tespit etmiştir (Özerkan, 2018, s. 189). İlerleme miktarı ve takım ucu yarıçapının, tornalamada yüzey bütünlüğü ve yorulma ömrü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çelik malzemelerde ısıl işlem sonrasında elde edilen yüzey kalitesinin yanında doğru formun elde edilmesi amacıyla işlenmesi gerektiğini tespit etmişlerdir. Yüzey kalitesine yorulma mukavemeti, korozyon direnci, aşınma miktarı vb. gibi özelliklerin etki ettiğini gözlemlemişlerdir. Yüzey pürüzlülüğünün aynı ilerleme miktarında, küçük yarıçap uçlu takımlar kullanıldığı zaman büyük uçlu takımlara göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (Javidi, Rieger, Eichlseder, 2008, s. 2050). Birçok araştırmacı tornalama işleminde ilerleme miktarı ve kesme derinliği değerlerinin yüzey pürüzlülüğüne artırıcı yönde olumsuz etki yaptığını ve ancak ideal bir kesme hızında en düşük pürüzlülük değerinin elde edilebileceğini ifade etmişlerdir (Kishawy, & Elbestawi, 1999, s. 1023; Huang, &Chen, 2001, s. 3; Arbizu, & Perez, 2001, s. 392; Tekaslan, Gerger, & Şeker, 2008, s. 7; Zawada-Tomkiewicz, 2011, s. 88; Yamane, Ryutaro, Tadanori, Ramirez, & Keiji, 2017, s. 22).

Tekaslan ve arkadaşları, AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin CNC torna tezgahında işlenmesi sırasında en ideal yüzey pürüzlülüğünün elde edilebilmesi için optimum işleme parametrelerinin belirlenmesini hedeflemişlerdir. Kullanım alanlarına göre istenen mekanik ve kimyasal özelliklerin sağlanması için paslanmaz çeliklerin bileşimlerinde yapılan değişiklikler, paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğini etkilemektedir. İşlenebilirliğe bağlı olarak da yüzey kalitesi değişmektedir. Yapılan çalışmaya göre kesme hızı artırıldığında yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği, ilerlemenin artırılması ile yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiği görülmüştür (Tekaslan, Gezer, & Şeker, 2008, s. 97).

Yüzey pürüzlülüğü sadece aşınma, sürtünme ve yağlama gibi tribolojinin geleneksel konularında değil aynı zamanda sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik, ısı iletimi vb. farklı alanlarda da dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Malzemelerin işlenmesi esnasında kullanılan kesme parametreleri yüzey hassasiyetini etkilemektedir (Griffiths, 2001). Yüzey pürüzlülüğü yüzey kalitesini belirleyen bir parametredir. Yüzey pürüzlülüğü kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği gibi parametrelere bağlıdır (Arbizu, & Perez, 2001, s. 395). Bunun yanında soğutma sıvısı kullanımı ve debisi, kesici takımın uç yarıçapı, talaş açısı değerine de bağlıdır (Bayrak, 2002; Thomas, 1982).

Özlü ve arkadaşları, 30MnVS6 mikro alaşımlı çeliğinin tornalanmasında, kesme hızı (V) ve ilerleme miktarının (f) yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve kesme kuvveti (Fc) üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri değerlerinin, kesme parametreleri ile olan ilişkilerinin matematiksel olarak modellenmesi için çeşitli eğri uydurma algoritmaları kullanmışlardır. Kullanılan bu eğri uydurma algoritmalarından elde edilen matematiksel modelleri, korelasyon katsayıları (R^2) kullanarak değerlendirmişlerdir (Özlü, Demir, & Nas, 2014, s. 81).

Yücel ve Günay, sert tornalama işleminde oluşan ortalama yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti değerleri için kesme şartlarını optimize etmişlerdir. Sert tornalama deneyleri Taguchi L18 dikey dizilimi ile dizayn edilmiştir. Kesme şartları (kontrol faktörleri) olarak kesici takım malzemesi (CBN, seramik), kesme hızı (50, 100, 150 m/dak), ilerleme miktarı (0,05, 0,075, 0,1 mm/dev) ve kesme derinliği (0,25, 0,50, 0,75 mm) seçilmiştir. Kesme şartlarının optimum seviyeleri en küçük en iyi yaklaşımına göre hesaplanan sinyal/gürültü (S/N) oranları kullanılarak belirlenmiştir. En düşük yüzey pürüzlülüğü değeri CBN takım ile elde edilmiştir. Asıl kesme kuvveti için optimum kesme şartları A1 (seramik takım), B1 (V=50 m/dak), C1 (f=0,05 mm/dev) ve D1 (a=0,25 mm) olarak, ortalama yüzey pürüzlülüğü için ise A2 (CBN takım), B1 (V=50 m/dak), C3 (f=0,1 mm/dev) ve D1 (a=0,25 mm) olarak tespit edilmiştir. Kesme kuvveti üzerindeki en etkili parametre %74,50'lik oran ile kesme derinliği olurken, yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametre ise %75,78 ile ilerleme miktarı olmuştur (Yücel, & Günay, 2013, s. 2280).

Yaka ve arkadaşları, imalat sanayinde genişçe kullanımı olan 46 HRc sertlikteki AISI 1040 çeliği CNC torna tezgâhında kuru kesme şartlarında işlemişlerdir. Optimum yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği parametrelerine göre Taguchi L9 deney tasarımı ile deney listesi oluşturmuşlardır. Bu deneyler sonucu ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerlerini ölçmüşlerdir. Ölçülen Ra değerleri için MINITAB14 programından yararlanılarak I. dereceden regresyon ve logaritmik regresyon modeli oluşturmuşlardır. Oluşturulan regresyon modelleri ile en etkin parametrenin ilerleme miktarı olduğu sonucuna varmışlardır (Yaka, Uğur, & Akkuş, 2016, s. 770).

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Deney Düzeneği

Bu çalışmada, AISI D3 (DIN 1.2080) soğuk iş takım çeliği; kesme hızı ve ilerleme miktarının üç farklı seviyesine göre, kesme derinliğinin iki farklı seviyesine göre CNC torna tezgahında (Şekil 1) işlenmiştir. CNC torna tezgahı teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Numunelerde farklı parametrelere göre oluşan yüzey pürüzlülüğünün optimizasyonu yapılmıştır.

Şekil 1. Focus FBL 200 CNC torna tezgahı

Tablo 1. Focus FBL 200 CNC torna tezgahı teknik özellikleri

FOCUS		FBL 200
Max. çevirme çapı	mm	470
Max. tornalama çapı	mm	292
Max. tornalama boyu	mm	500
Puntalar arası mesafe	mm	620

İş mili hızı	Rpm	4500
İş mili motoru	Kw	11
Z ekseni hareket mesafesi	mm	520
X ekseni hareket mesafesi	mm	176
X/Z Eksenleri boşta hızları	m/dak	30
Taret takım sayısı	adet	10
Takım değiştirme süresi(T-T)	saniye	0.3
Punta hareket mesafesi	mm	450

Yüzey pürüzlülük ölçümleri **Mituyoyo Surftest SJ-210 marka yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.**

Tablo 2. Mitutoyo Surftest SJ-210 marka yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı teknik özellikleri

Tarama ucu	2 µm
Kalibrasyon işlevi	Dinamik
Sürücü ünite hızı	0,25-0,5-0,75 mm/s
Ölçüm kuvveti	0,75 mN
Ölçüm mesafesi (Z)	360 µm (-200µm ile +160µm)
Ölçüm uzunluğu (L)	0,08-0,25-0,8-2,5-8 mm

2.2. İş Parçası ve Takım Özellikleri

Deneylerde iş parçası olarak AISI D3 (X210Cr12) çeliği; yüksek aşınma dayanımı, sertlik ve tokluğa sahip ledeburitik bir soğuk iş takım çeliği kullanılmıştır. Tablo 3'de soğuk iş takım çeliğinin kimyasal özellikleri verilmiştir. İşlemelerde atıf MRK marka TDJNR 2525 M15 torna kateri (Şekil 2.a) ve Boehlerit marka DNMG 150604-150 BC7105 (Şekil 2.b) tipinde kesici uç kullanılmıştır.

Tablo 3. AISI D3 (DIN 1.2080) soğuk iş takım çeliğinin kimyasal özellikleri

Kimyasal Bileşim (%)	**C**	**Si**	**Mn**	**Cr**	**Brinell (Sertlik) HB**
% Ortalama	1,99	0,3	0,25	11,2	242

Şekil 2. Tornalama işleminde kullanılan araçlar

a) CNC torna tezgahında kullanılan torna kateri

b) CNC torna tezgahında kullanılan kesici uç

Profil tornalama yöntemi ile 0,2 mm ve 0,4 mm kesme derinliklerinde Tablo 4'deki deney düzeneğine göre işlenen deney numuneleri Şekil 3'deki gibidir.

Şekil 3. İşlenmiş deney numunesi

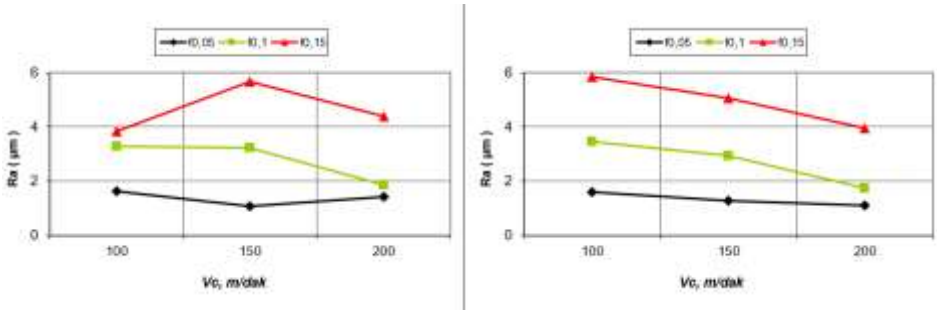
2.3. Deney Tasarımı

Deneylerde işleme parametreleri olarak; 2 farklı kesme derinliği (0.2 ve 0.4 mm), üç farklı kesme hızı (100, 150 ve 200 m/dak), üç farklı ilerleme miktarı (0,05, 0,1 ve 0,15 mm/dev) kullanılmıştır. Belirlenen işleme parametreleri için Taguchi L18 ortogonal dizinine göre deney tasarımı oluşturulmuştur. Oluşturulan deney tasarımı Tablo 4'de verilmiştir.

3. Deney ve Optimizasyon Sonuçları

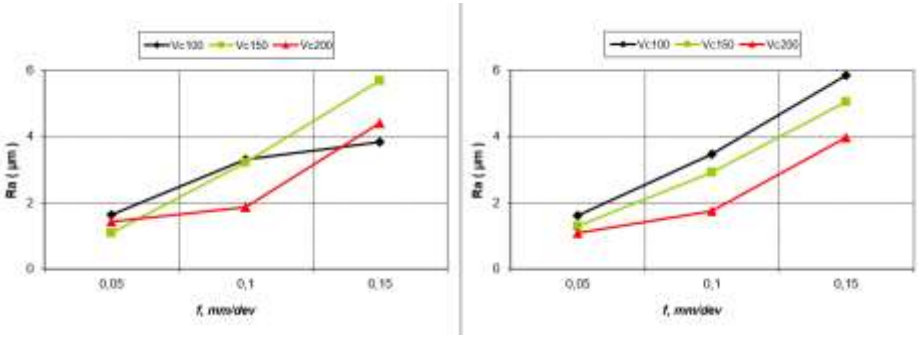
3.1. Kesme Hızı ile İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğü ile Değişiminin İncelenmesi

Bu çalışmada her işleme seviyesinde üçer adet işleme yapılarak toplamda 18 adet tornalama işlemi gerçekleştirilmiştir. İşleme performansı çıktısı olarak Ra değerlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına bağlı olarak değişimleri Şekil 4 ve 5'te verilmiştir.



Şekil 4. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü ile değişimi

Şekil 4'de kesme hızının artmasıyla beraber ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) azaldığı görülmektedir. Kesme derinliğinin artmasıyla beraber ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) bir miktar arttığı görülmektedir.



Şekil 5. İlerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü ile değişimi

Şekil 5'te ilerleme miktarının artmasıyla beraber ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) arttığı görülmektedir. Kesme derinliğinin artmasıyla beraber ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) bir miktar arttığı görülmektedir.

3.2. Sonuçların Taguchi Metodu ile Analizi

Taguchi L_{18} ortogonal düzeni çerçevesinde her bir deneyden elde edilen numuneden üç adet yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılarak sonuçların ortalaması alınmıştır. Deneyler sonucunda ölçülen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri ve Sinyal/gürültü (S/N) değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Taguchi L_{18} Deney tasarımına göre deney sonuçları ve S/N oranları

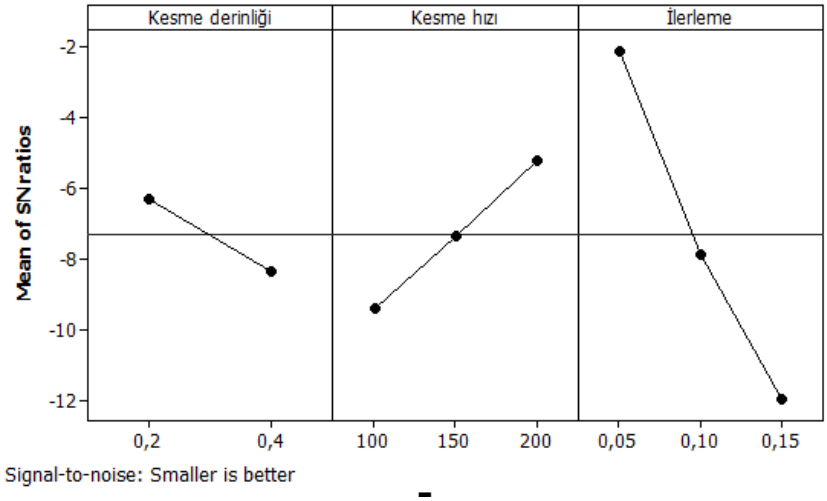
Deney no.	**A** **Kesme derinliği** **(a, mm)**	**B** **Kesme hızı** **(V, m/dak)**	**C** **İlerleme miktarı** **(f, mm/dev)**	**Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü**	
				Ra **(µm)**	**S/N** **(dB)**
1	0,2	100	0,05	1,639	-3,5392
2	0,2	100	0,1	3,300	-9,9358
3	0,2	100	0,15	3,835	-11,7789
4	0,2	150	0,05	1,072	-0,9611
5	0,2	150	0,1	3,220	-6,9427
6	0,2	150	0,15	5,677	-11,3099
7	0,2	200	0,05	1,433	1,6920
8	0,2	200	0,1	1,871	-3,9235
9	0,2	200	0,15	4,398	-9,8216
10	0,4	100	0,05	1,604	-5,6796
11	0,4	100	0,1	3,462	-11,3828
12	0,4	100	0,15	5,841	-14,0693
13	0,4	150	0,05	1,290	-2,6131
14	0,4	150	0,1	2,923	-9,3166

15	0,4	150	0,15	5,058	-12,8334
16	0,4	200	0,05	1,094	-1,5328
17	0,4	200	0,1	1,746	-5,7650
18	0,4	200	0,15	3,966	-11,9671

Daha sonra elde edilen deney sonuçlarının Taguchi metodu yardımıyla optimizasyonu yapılmıştır. Bu optimizasyon işleminde, Taguchi kayıp fonksiyonu olarak bilinen ve aynı zamanda gürültü oranı (S/N-Sinyal/Noise ratio) fonksiyonu olarak da ifade edilen 3 farklı amaca uygun fonksiyon bulunmaktadır. Buna göre, amacın "en küçük en iyi", "en büyük en iyi" ve "nominal en iyi" olmasına göre kullanılan eşitliklerden "en küçük en iyi" (Eş 1) kullanılarak S/N oranları hesaplanmıştır.

$$\eta = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^2\right) \tag{1}$$

Eşitlikte yi : Performans yanıtının i. gözlem değeri, n: bir denemedeki test sayısı, deneysel sonuçlar neticesinde S/N oranlarına bağlı olarak optimal parametreler tahmin edilmiştir. Şekil 6'da ortalama yüzey pürüzlülüğü için kontrol faktörlerinin S/N oranlarının grafiksel gösterimi verilmiştir.



Şekil 6. Ortalama yüzey pürüzlülüğü için S/N oranları ana etki grafiği

Ortalama yüzey pürüzlülüğü için yapılan optimizasyonda Şekil 6'dan yararlanarak uygun kesme parametreleri "A1B3C1" olarak bulunur. Burada, kesme derinliği (A1): 0.2 mm, kesme hızı (B3):200 m/dak, ilerleme miktarı (C1): 0,05 mm/dev ifade etmektedir.

3.3. ANOVA ile Parametrelerin Değerlendirilmesi

Değişik parametrelerin sonuca etkisi araştırılırken kullanılan analiz metodlarından bir tanesi de Analysis of variance (ANOVA)'dır. Anova sonucunda çıktı değerlerine etki eden parametrelerin yüzde olarak katkı değerleri Tablo 5'de verilmiştir. Tablo 5 incelendiğinde, yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametrelerin etki derecelerinin tespit edildiği görülmektedir. Her bir parametrenin etki dereceleri varyans analizi (ANOVA) kullanılarak yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden en etkili parametrenin %78.02 ile ilerleme miktarı olduğu görülmektedir.

Tablo 5. Yüzey pürüzlülüğü için ANOVA sonuçları

Source	**DoF**	**SS**	**MS**	**F-test**	**P-coefficient**	**PCR (%)**
A	1	19,301	19,301	24,95	0	4.94
B	2	52,367	26,183	33,84	0	13.54
C	2	294,369	147,184	190,25	0	78.02
Error	12	9,284	0,774			3.50
Total	17	375,32				100

3.4. Regresyon Analizi

Bir olayı etkileyen birden fazla faktör olması durumunda sebep-sonuç ilişkisinin araştırılması regresyon analiziyle yapılabilmektedir. Bir regresyon modeli bağımlı ve bağımsız değişkenlerden oluşmaktadır. Bağımsız değişken, bağımlı değişkeni açıklamak için kullanılan tesadüfi olmayan değişkendir. Genelde regresyon analizi bağımlı değişkene ilişkin ortalama çıkış değerlerinin bulunması amacıyla kullanılır (Asiltürk, Akkuş, & Demirci, 2012, s. 55).

Bu çalışmada yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerden, kesme derinliği, kesme hızı ve ilerleme miktarı alınarak I. dereceden regresyon denklemleri bu üç

parametre kullanılarak oluşturulmuştur. Minitab yazılımında oluşturulan I. dereceden regresyon denklemi Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$Ra = 0.147 + 0.601*a - 0.551*V + 1.35*f \qquad (2)$$

Regresyon denklemi ile Ra tahmin edildiğinde determinasyon katsayısının (R^2 =0.96) olarak bulunmuştur. Bu değer 1' e yakın olduğu için değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı ve uyumlu olduğunu göstermektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmadan elde edilen sonuçları iki bölüme ayırarak sunmak mümkündür. İlk olarak; Deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar verilmiştir. İkinci kısımda ise Taguchi optimizasyonu kullanılarak elde edilen sonuçlar sunulacaktır.

✓ Kesme hızının artmasıyla beraber ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) azaldığı görülmüştür. Kesme derinliğinin artmasıyla beraber ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) bir miktar arttığı görülmüştür.

✓ İlerleme miktarının artmasıyla beraber ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) arttığı görülmüştür. Kesme derinliğinin artmasıyla beraber ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) bir miktar arttığı görülmüştür.

✓ Taguchi metodu yardımıyla Ra için yapılan kesme şartlarının optimizasyonunda, 0.2 mm kesme derinliğinde kesme hızı 200 m/dak, ilerleme miktarı 0,05 mm/dev en uygun şartlar olarak bulunmuştur.

✓ Deney sonuçlarına uygulanan varyans analizi (ANOVA)'ne göre değişkenlerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde en fazla etki yapan parametrenin %78 ile ilerleme miktarı olduğu bulunmuştur.

✓ Elde edilen yüzey pürüzlülük denklemi kesme sınırlamaları içerisindeki değerlerde kullanılmaları halinde yapılacak olan deney sonuçlarına yakın sonuçlar elde edilebilecektir.

5. Kaynakça

Arbizu, I.P. & Perez, C.L. (2003). Surface Roughness Prediction by Factorial Design of Experiments in Turning Processes. *Journal of Materials Processing Technology, 143,* 390-396.

Asiltürk, İ., Akkuş, H., & Demirci, M.T. (2012). Modelling of Surface Roughness Based on Vibration, Acustic Emission and Cutting Parameters with Regression. *Engineer & the Machinery Magazine, 632*, 55-62.

Bayrak, M. (2002). *Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi ve Uzman Sistemle Karşılaştırılması.* (Yüksek lisans tezi, GÜ Makine Mühendisliği bölümü, Ankara).

Çiçek, A., Ekici, E., Uygur, İ., Akıncıoğlu, S., & Kıvak, T. (2012). AISI D2 Soğuk İş Takım Çeliğinin Delinmesinde Derin Kriyojenik İşlemin Takım Ömrü Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, *4*(1), 1-9.

Griffiths, B. (2001). *Manufacturing Surface Technology, in: Surface Integrity and Functional Performance*. Elsevier.

Huang, M.L.H. & Chen, J.C. (2001). A Multiple Regression Model to Predict In-Process Surface Roughness in Turning Operation VIA Accelerometer. *Journal of Industrial Technology, 17*(2), 1-8.

Javidi, A., Rieger, U., & Eichlseder, W. (2008). The Effect of Machining on the Surface Integrity and Fatigue Life. *International Journal of Fatigue, 30*(10-11), 2050-2055.

Kishawy, H. A. & Elbestawi, M. A. (1999). Effects of Process Parameters on Material Side Flow During Hard Turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture, 39*(7), 1017-1030.

Özerkan, H.B. (2018). Tornalamada Oluşan Yüzey Pürüzlülüğünün Yorulma Ömrüne Etkisinin Teorik Değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33,* 2, 189-198.

Özlü, B., Demir, H., & Nas, E. (2014). CNC Tornalama İşleminde Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetlerine Etki Eden Parametrelerin Matematiksel Olarak Modellenmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 3*(2), 75-86.

Tekaslan, Ö., Gezer, N., & Şeker, U. (2008). CNC Torna Tezgahında AISI 304 Çeliklerin İşlenmesinde Optimum Yüzey Pürüzlülüğünü Sağlayacak Kesme Parametrelerinin Tespiti. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (016), 97-104.

Tekaslan, Ö., Gerger, N., & Şeker, U. (2008). AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliklerde Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüklerinin Araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10*(2), 3-12.

Thomas, T.R. (1982). *Rough Surface*. Longman, New York.

Yaka, H., Uğur, L., & Akkuş, H. (2016). AISI 1040 Çeliğinin Tornalanmasında Yüzey Pürüzlülüğünün Çoklu Regresyon ile İncelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16*(3), 770-775.

Yamane, Y., Ryutaro, T., Tadanori, S., Ramirez, I.M., & Keiji, Y. (2017). A New Quantitative Evaluation for Characteristic of Surface Roughness in Turning. *Precision Engineering, 50*, 20-26.

Yücel, E., & Günay, M. (2013). Modelling and Optimization of the Cutting Conditions in Hard Turning of High-Alloy White Cast Iron (Ni-Hard). *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 227*(10), 2280-2290.

Zawada-Tomkiewicz, A. (2011). Analysis of Surface Roughness Parameters Achieved by Hard Turning with the Use of PCBN Tools. *Estonian Journal of Engineering*, *17*(1), 88-89.

BİR YAPIM FİRMASINA ANALİTİK AĞ PROSESİ (ANP) İLE PLANLAMA MÜHENDİSİ SEÇİMİ

Latif Onur UĞUR,
Düzce Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Düzce/Türkiye
E-mail: latifugur@duzce.edu.tr
Hilal Betül DOYGUN

ÖZET: Günümüz ekonomik koşulları altında kaynakların, zamanın ve bütçenin sınırsız olarak kullanılabildiği bir ortam oluşturmak mümkün değildir. Kaynakların yetersiz, zamanın çok kıymetli olduğu bu durumda, kaynakların en verimli biçimde kullanımını sağlayacak bir planlama anlayışı gereklidir. Böyle durumlarda zamanın ve paranın en iyi şekilde değerlendirilmesi ve kısıtlı olan malzeme, işgücü, makine-ekipman gibi kaynakların en uygun biçimde kullanılması önem arz etmektedir. Bunların hayata geçirilebilmesi için bir projenin başlangıcından bitimine kadar olan sürecin planlanması ve programlanması gerekmektedir. Bu nedenle planlama konusunda görev alacak teknik elemanlar oldukça önemlidir. Bu çalışmada; uluslararası bir yapım projesi için, adaylar arasından, uzmanlar tarafından belirlenen kriterlere ve alt kriterlere en uygun planlama mühendisini seçmek amaçlanmıştır. Böyle bir kararın verilmesi hususunda Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Ağ Süreci (ANP) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ANP yaklaşımı ile bir inşaat projesine planlama mühendisi seçiminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Planlama Mühendisi, Çok Kriterli Karar Verme ,(ANP) Analitik Hiyerarşi Prosesi

I.GİRİŞ

Plan, bir amaca ulaşmada izlenecek yol ve davranış biçimini ifade eder. Planlama ise bir süreç olarak düşünülebilir. Planlama, tasarım ve üretim safhası arasındaki bağlantıyı sağlar.[7] Planlamada geleceğin en iyi şekilde tahmin edilmesi amaçlanmaktadır.

İnşaatta planlama yapmak projenin istenen kalite, süre ve fiyatta yapılması için yol haritası hazırlamaktır. İnşaat sektöründe planlama gün geçtikçe önemini arttırmaktadır. Sürenin, bütçenin, kaynakların bu kadar kısıtlı olduğu bir durumda geleceği en doğru şekilde tahmin etmek bir avantajdır. Planlama konusunda öne geçmiş olan şirketler bugün isimlerini duyurmakta zorluk çekmeyecektir.

Günümüz inşaat sektöründe planlamanın öneminin artmasıyla planlama mühendisine duyulan ihtiyaç artmıştır. Planlama mühendisi; çalıştığı şirketin belli hedeflerine göre üretimlerinin doğru ve hızlı gerçekleşmesi için çalışan, günlük, haftalık, aylık ve yıllık plan oluşturan ve bu planın gerçekleşmesini sağlayan kişiye verilen mesleki unvandır. [5]

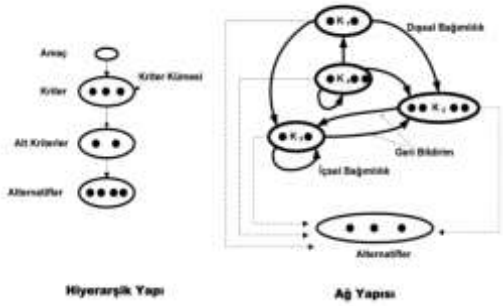
Planlama mühendisi gerekli temel bilgiye sahip, donanımlı ve yapılan projelerde hedefe istenen şekilde ulaştırabilecek bir mühendis olmalıdır. Planlama

mühendisinin önemli olduğu kadar bu kişinin seçimi de önemlidir. Böyle zorlu seçimlerde çok kriterli seçim yöntemlerinden olan Analitik Ağ Prosesini (ANP) kullanmak avantajlı olmaktadır. Çünkü Analitik Ağ Prosesinden alınan sonuçlar sistematik ve tutarlı olmaktadır.

II. ANP YÖNTEMİ

Karar verme bir işletmenin olmazsa olmazlarından biridir. Pek çok işletmede karar süreci bilginin toplanması ve analizi için yoğun bir çaba ve zamanı gerektirir. Araştırmalar, pek çok günlük kararın sezgisel olarak alınmasının yeterli olmasına rağmen, karmaşık ve hayati kararlar için bu yolun tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Modern karar destek yöntemlerini kullanan işletmeler, globalleşen iş ilişkilerine öncülük etmekte ve bu ilişkiler ağını yönetmekte rekabetçi avantaj sahibi olabilmektedirler. Son yıllarda önemi gittikçe artan Analitik Ağ Süreci Thomas L. Saaty tarafından çok kriterli karar verme problemlerinin çözümü için geliştirilmiş bir yöntemdir. [6] ANP yöntemi Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yönteminin daha genelleştirilmiş bir halidir. ANP'nin geliştirilmesindeki başlıca neden AHP'nin başarılı uygulamalarının yapıldığı süreçte Saaty'nin hiyerarşik yapılandırma gerekliliğinden kurtulmaktır. ANP'de yukarıdan aşağıya tek yönlü bir hiyerarşinin yerine bir ağ yapısı mevcuttur.(Şekil 1.) [10]

Şekil 1. AHP ile ANP arasındaki yapısal farklılıklar [4]



2.1. ANP modelinin oluşturulmasıyla ilgili bazı kavramlar:

Geri bildirim: Geri bildirim, ANP'nin AHP'den en büyük farkıdır. AHP'de alternatifler üzerinde kriterlerin tek yönlü etkisine bakılırken, ANP'de hem alternatifler hem kriterler hem de alt kriterlerin (düğümler) birbirleri ile olan etkileşimlerine yer verilmektedir. [1]

Dışsal bağımlılık: Bir kriterin kendisinden farklı bir kümede bulunana kriterle veya alternatiflerin bulunduğu küme ile varolan etkileşimini gösteren bağımlılıktır. [1]

İçsel bağımlılık: Aynı küme içinde yer alan kriterlerin birbirleriyle olan etkileşimini gösteren bağımlılıktır. [1]

2.2.ANP modelinde kullanılan derecelendirme ve kriterlerin kıyaslanması:

ANP'de ölçütlerin ve seçeneklerin birbirine göre önemlerini belirleyebilmek için ikili karşılaştırmalar yapılır. Seçeneklerin karşılaştırılması, her bir ölçüt için ayrı ayrı yapılır. Sayısal olarak ifade edilebilen ölçütler için seçenekleri karşılaştırmada bir sorun yoktur. Ama sayısal olarak ifade edilemeyen ölçütler için bir seçeneğin diğerinden ne kadar önemli olduğunu belirlemek kolay değildir. Sayısal olarak ifade edilemeyen ölçütlerin karşılaştırılmasında aşağıdaki ölçütler kullanılır.(Tablo 1.) [1]

Tablo 1. İkili karşılaştırmalarda kriterlerin birbirleri ile dereceleri [9]

Önem Derecesi	**Tanım**	**Açıklama**
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faktör aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve yargılara göre bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerinden kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre yüksek derecede kuvvetle daha önemlidir.
9	Mutlak Derecede Önemli	Faktörlerden biri diğerine göre çok yüksek derecede önemlidir.
2,4,6,8	Ara Değerleri Temsil Etmektedir	İki faktör arasındaki tercihte yukarıdaki açıklamalarda bulunan derecelerin ara değerleridir.

2.3.ANP Modelinin Adımları :

1.Adım- Bu adımda karar probleminin amacı, kriterleri, alt-kriterleri, karar vericileri, bu karar vericilerin hedeflerini ve ortaya çıkacak kararın olası sonuçlarını içerecek şekilde detaylı olarak tanımlanması gerekmektedir. Kısacası ilk aşama karar problemini detaylı bir şekilde tanımlamaktır. [10] Bu model karar vericilerin tecrübe ve bilgileri ile hazırlanabilir.

2.Adım-Bağımlılıkların tespit edilmesi: İçsel ve dışsal bağımlılık etkileri dikkate alınarak genel geri bildirim sisteminin kümeleri veya düğümleri saptanır.

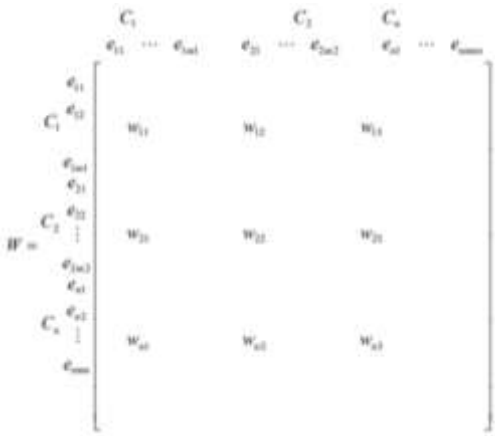
Bir küme başka bir kümenin düğümlerini etkiliyorsa etkilenen kümeden etkileyen kümeye ok çekilir. [10]

3.Adım-İkili karşılaştırmaların gerçekleştirilmesi: Karşılaştırma matrisi, kriterlerin kendileri dahil hepsinin bir diğeri ile ikili olarak karşılaştırılması esasına dayanır. [8] Bu adımda ikili karşılaştırmalar gerçekleştirilir. Tablo 1.'de verilen Saaty'nin 1-9 ölçeği kullanılmaktadır.

4.Adım-Süpermatrisin oluşturulması: Süpermatris, ağdaki faktörler arasındaki tüm etkileşimlerin gösterildiği bir matris yapısıdır. İkili karşılaştırmalardan elde edilen öncelik vektörleri süpermatrisin sütunlarına yazılır. Bir süpermatris gerçekte parçalı bir matristir ve buradaki her bir matris bölümü bir sistem içindeki iki faktör arasındaki ilişkiyi gösterir. Bir bileşendeki faktörlerin hiçbirisi başka bir bileşendeki faktörleri etkilemiyorsa bu durumda süpermatrisin ilgili bölümlerine sıfır yazılır. [3]

Bir ağdaki bileşenler Ch (h = 1,..,n) ile gösterilsin. Bu bileşenin nh tane faktöre sahip olduğunu düşünerek bunları da eh1, eh2,…, ehnh şeklinde gösterelim. Bu durumda bir bileşendeki faktörlerin sistemdeki diğer faktörlerin üzerindeki etkisi ikili karşılaştırmalardan elde edilen öncelik vektörlerinin süpermatris yapısına yerleştirilmesi ile ifade edilebilir. Aşağıdaki şekilde genel bir süpermatris yapısı gösterilmektedir.(Şekil 2.) [3]

Şekil 2. Süpermatrisin genel yapısı [3]



5. Adım- En iyi alternatifin seçimi: Limit süper matris ile alternatiflere veya karşılaştırılan kriterlere ilişkin önem ağırlıkları belirlenmiş olur. Seçim probleminde en yüksek önem ağırlığına sahip olan alternatif en iyi alternatif, ağırlıklandırma probleminde ise en yüksek önem ağırlığına sahip olan faktör karar sürecini etkileyen en önemli faktördür. [2]

III. Amaç ve Yöntem

Bu çalışmada; uluslararası bir yapım projesi için, adaylar arasından, uzmanlar tarafından belirlenen kriterlere ve alt kriterlere en uygun planlama mühendisini seçmek amaçlanmıştır.

Böyle bir kararın verilmesi hususunda Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Ağ Süreci (ANP) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ANP yaklaşımı ile bir inşaat projesine planlama mühendisi seçiminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebileceği anlaşılmıştır.

Yöntemin uygulanabilmesi için uzman görüşleri alınarak ana ve alt kriterleri belirlenmiştir. Her bir alt kriterin diğer alt kriterlerle önem düzeyinin belirlenmesinde yine uzman görüşlerinden istifade edilmiştir. Hesaplamalarda süper decisions paket programı kullanılmıştır edinilen sonuçlar değerlendirilip en uygun seçim yapılmıştır.

IV.BULGULAR

Belirlenen kriter ve alt kriterler aşağıda sıralanmıştır.

1.Mezun olduğu okul

1.1.Ders başarısı

1.2.Öğretim görevlisi yeterliliği

2.Bireysel özellikler

2.1.Ekip çalışması

2.2.İletişim ve ikna becerisi

2.3.Kendini geliştirmeye açık olma

2.4.Planlama ve organizasyon bilgisi

2.5.Problem çözme kabiliyeti

2.6.Seyahat edebilme durumu

2.7.Stres altında çalışabilme

2.8.Veri analiz yeteneklerine sahip olma

3.Bilgisayar bilgisi

3.1. İleri düzeyde Primavera kullanımı

3.2.İleri düzeyde Sure Track kullanımı

3.3.MS Office programlarına hakim olma

4.Tecrübe ve iş deneyimleri

4.1.Planlama konusunda deneyim

4.2.Teknik ofis deneyimi

5.Mesleki yeterlilik

5.1.Sertifikalar

5.2.Referanslar

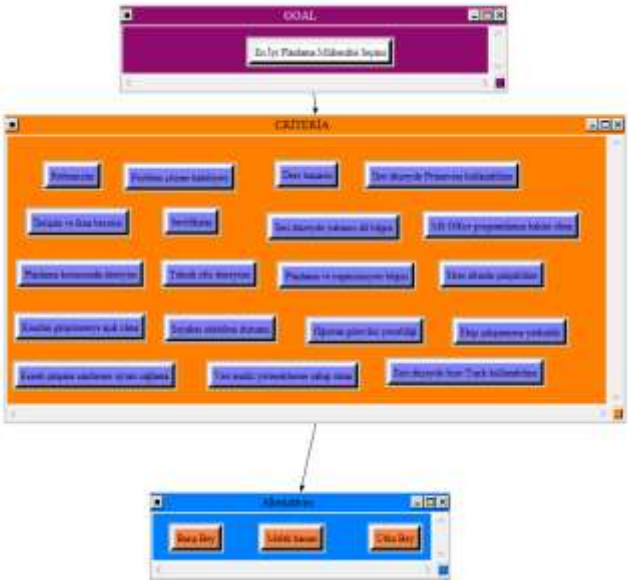
6.Mesleki gereklilikler

6.1.İleri düzeyde yabancı dil bilgisi

6.2.Esnek çalışma saatlerine uyum sağlama

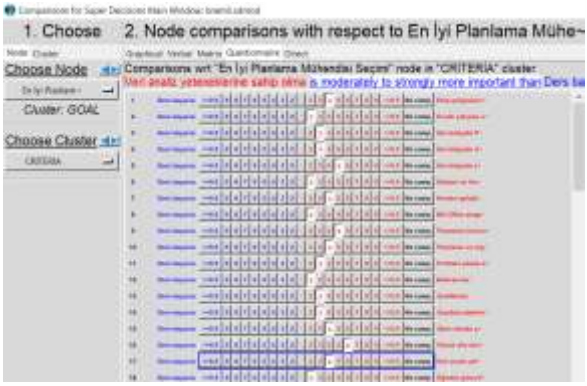
Kriterler belirlendikten sonra Super Decisions adlı paket programları yardımı ile çözümlenmiştir.

Şekil 3. Hiyerarşi modeli



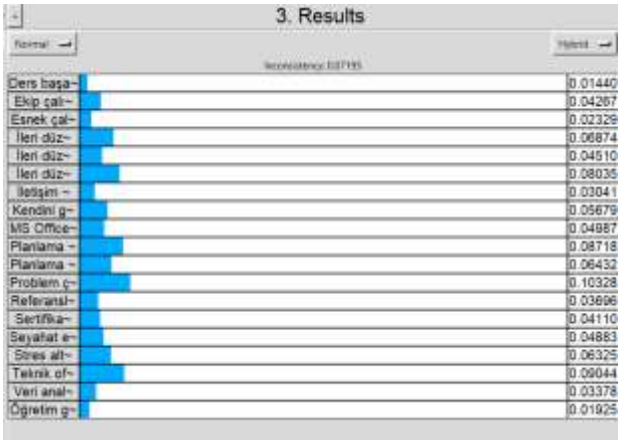
Hiyerarşi modelinde 3 adet alternatif bulunmaktadır. Alternatifler Melek Hanım, Barış Bey, Utku Bey'dir. Kriterlerin hepsi probleme bağlıdır. Diğer bağlantılarda programda belirtilmiştir (Şekil 3.). Sonraki aşama ise kriterlerin kendi aralarında ikili karşılaştırma yapılarak önem derecelerinin belirlenmesidir. Programdan alınmış ekran görüntüsü kriterlerin birbiri karşısındaki önem derecelerini göstermektedir(Şekil 4.).

Şekil 4. Kriterlerin birbirine göre önem dereceleri



Puanlama sonucunda program tutarlılık oranını ve kriterlerin yüzde dağılımını hesaplamıştır. (Şekil 5.) Aşağıdaki resimde "tutarlılık oranı" 0,07195 olarak hesaplanmıştır. Yani, 0,1'den küçük olan değer karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir.

Şekil 5. Tutarlılık oranı ve kriterlerin yüzde önem dağılımları



Programdan elde edilen sonuçlara bakıldığında %10.32 ile ilk sırada problem çözme becerisinin yer aldığı görülürken ikinci sırada teknik ofis deneyimi bulunmaktadır (Şekil 6.)

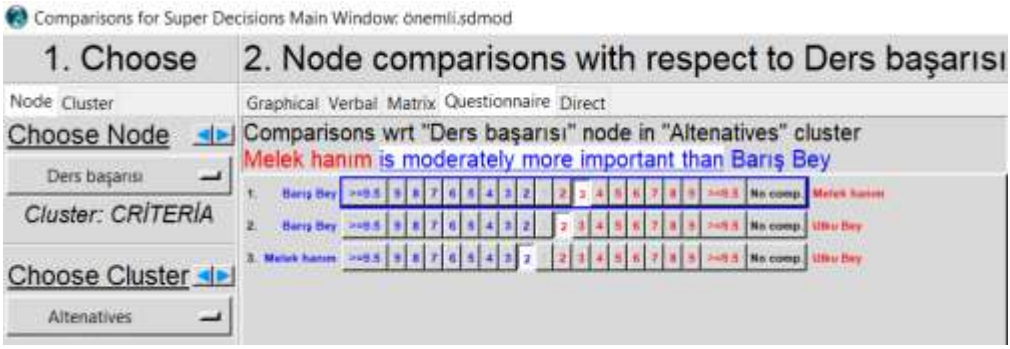
Şekil 6. Kriterlerin yüzdesel dağılımı

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Ders başarısı	0.0144
Ekip çalışmasına yat~	0.04267
Esnek çalışma saatle~	0.02329
İleri düzeyde Primav~	0.06874
İleri düzeyde Sure T~	0.0451
İleri düzeyde yabanc~	0.08035
İletişim ve ikna bec~	0.03041
Kendini geliştirmeye~	0.05679
MS Office programlar~	0.04987
Planlama konusunda d~	0.08718
Planlama ve organiza~	0.06432
Problem çözme kabili~	0.10328
Referanslar	0.03696
Sertifikalar	0.0411
Seyahat edebilme dur~	0.04883
Stres altında çalışa~	0.06325
Teknik ofis deneyimi	0.09044
Veri analiz yetenekl~	0.03378
Öğretim görevlisi ye~	0.01925

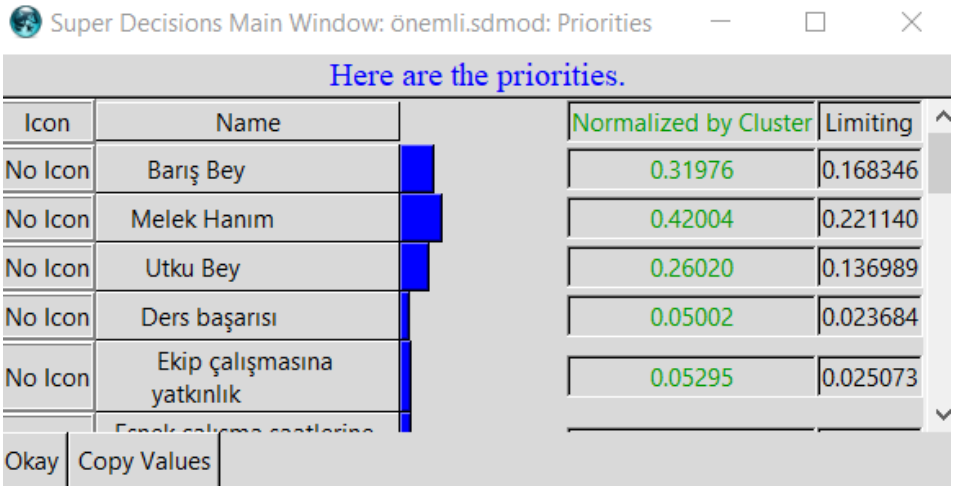
Bu adımda alternatifler, her seçenek için kendi aralarında karşılaştırılmışlardır ve her bir seçenek için yüzde önem dağılımları hesaplanmıştır (Bkz. Şekil 7.).

Şekil 7.Alternatiflerin yüzde önem dağılımları



Son aşamada alternatiflerin yüzde sonuç dağılımları programda hesaplanmıştır. Aşağıdaki ekran görüntüsünde değerler gözükmektedir. (Bkz Şekil 8)

Şekil 8. Alternatiflerin yüzdesel dağılımları



V. SONUÇ

Yapılan uygulamada ANP yöntemi kullanılarak adaylar sıralanmış ve planlama mühendisi seçilmiştir. Üç alternatiften Melek Hanım %42 ile en yüksek sonuç dağılımına ulaşarak en iyi alternatif olarak seçilmiştir. Barış Bey %31, Utku Bey ise %28 yüzdelik dağılımları ile sırayı takip etmişlerdir.

ANP yöntemi ve Super Decisions programı ile çözülmesi zor karmaşık bir problemi, düzenleyerek daha az karmaşık hale getirilmiş ve daha hızlı bir şekilde çözüme ulaştırılmıştır.

Bu yöntemin inşaat firmalarında planlama mühendisi seçiminde başarı ile kullanılabileceği anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Banar M. Eskişehir Tepebaşı Belediyesi İçin Katı Atık Yönetim Sistemi Seçiminde Analitik Serim Süreci (ANP) Yaklaşımı,2006 s.(55,59,60)
2. Dağdeviren, M., Dönmez, N. ve Kurt, M. (2006). Bir İşletmede Tedarikçi Değerlendirme Süreci İçin Yeni Bir Model Tasarımı ve Uygulaması. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi. 21(2): 249
3. Çakın E. , Tedarikçi Seçim Kararında Analitik Ağ Süreci (ANP) ve ELECTRE Yöntemlerinin Kullanılması Ve Bir Uygulama s.(55-56)
4. Görener A. Depolama Faaliyetleri İçin Lojistik Servis Sağlayıcı Seçiminde Önemli Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi,2014 s.(5-
5. https://www.kariyer.net/pozisyonlar/planlama+muhendisi/nedir 07.06.2019 15.13
6. Kuruüzüm A. ve Atsan N., Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları The Analytıc Hıerarchy Process Approach and Its Applıcatıons in Busıness, Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi (1), 83-105, Antalya, Türkiye 2001.

7. Uğur, L.O. ve Baykan, U.N. , e-Journal of New World Sciences Academy Natural and Applied Sciences, 3, (3), A0082, 418-423.
8. Uğur, L.O. ,Tunç G. (2019) Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile İnşaat Sözleşme Yöneticisi Seçimi (3)
9. Saaty, T.L. (1999a). Fundamentals of The Analytic Network Process. ISAHP, 14 sayfa. Kobe. Japan. 12-14 August.
10. Yıldırım B.F. ,Önder E. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri,2018 s.(77)

UÇUCU KÜL İLE ÜRETİLEN PVA LİF TAKVİYELİ GEOPOLİMER HARÇLARIN YÜKSEK SICAKLIK ETKİSİNDEKİ MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Mehmet Kaya*
*Yozgat Bozok Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye
E-mail: mehmet.kaya@bozok.edu.tr
Fuat Köksal**
**Yozgat Bozok Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye
E-mail: fuat.koksal@bozok.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, F sınıfı uçucu kül, NaOH (sodyum hidroksit) ile aktive edilerek, farklı oranlarda PVA (polivinil alkol) içeren geopolimer harç numuneler üretilmiştir. Uçucu kül, kum, su ve NaOH ile karıştırılarak üretilen PVA lifli ve lifsiz geopolimer numuneler 40×40×160 mm^3 boyutlarındaki standart kalıplara yerleştirildikten sonra, 95 °C' de 24 saat süre ile sıcaklık kürüne maruz bırakılmıştır. Sıcaklık küründen çıkarılan numuneler 28 güne kadar oda sıcaklığında bekletilmiştir. Lifli harçlarda, PVA lif oranı, hacimce %0,5, %1 ve %1,5 olarak belirlenmiştir. 200 °C, 400 °C, 600 °C ve 800 °C'ye kadar yüksek sıcaklığa maruz bırakılan numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Sıcaklık öncesinde PVA içeren numunelerin, lifsiz numunelere kıyasla basınç dayanımından artış gözlenmiştir. Buna karşılık yüksek sıcaklık etkisinden sonra lifsiz geopolimer numunelerin PVA lif içeren geopolimer numunelere kıyasla basınç dayanım kayıplarının daha az olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Geopolimer Harç, Uçucu Kül, Yüksek Sıcaklık

Giriş: Çimento, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan bağlayıcı yapı malzemesidir. Çeşitli raporlarda 2016 yılında dünyadaki çimento üretiminin 4,65 milyar tona ulaştığı belirtilmektedir. Dünya genelinde 2016 yılı itibariyle Türkiye, yıllık 75,4 milyon ton çimento üretimi 5. sırada bulunmaktadır. (Cembureau, 2017). Bununla birlikte çimento sektörü enerji ihtiyacı fazla olan sektörlerden birisidir. Çimento üretimi sırasında yakıt ve elektrik olmak üzere toplam maliyetin 59,1'ini enerji kapsamaktadır (SGM, 2015). Aynı zamanda üretim sürecinde atmosfere karbondioksit (CO_2) salınmaktadır. Dünya genelindeki CO_2 salınımının %5'i çimento sektörü kaynaklıdır (Benhelal, 2013). Önümüzdeki yıllarda Türkiye'de çimento üretiminde artış gözleneceği ve buna bağlı olarak CO_2 salınımının artış göstereceği tahmin edilmektedir. Bu durumun çevreye olumsuz etki yapacağı kaçınılmaz bir gerçektir (SGM, 2015). Uçucu kül ve yüksek fırın cürufu gibi Al_2O3, SiO_2 ve CaO içeren endüstriyel atıkların alkali aktivatörler ile aktive edilmesi ile bağlayıcı üretilebilmektedir (Aydın, 2010, Slaty ve diğerleri, 2013). Uçucu kül içerisinde bulunan alüminasilikatların aktivatörler ile reaksiyonu neticesinde geopolimer olarak isimlendirilen amorf yapıdaki inorganik polimerler oluşmaktadır. Geopolimer terimi ilk defa Davidovits tarafından 1975'te kullanılmıştır (Davidovits, 1989). Uçucu külü aktive edebilmek için, sodyum hidroksit (NaOH) (Monticelli ve diğerleri, 2014, Y. Ma ve G.Ye, 2015), kalsiyum hidroksit ($Ca(OH)_2$) (Özodabaş ve Yılmaz, 2013), potasyum hidroksit (KOH) (Lizcano ve diğerleri, 2012) gibi aktivatörler

kullanılmaktadır. Potasyum silikat (nK_2SiO_3) (Petermann ve diğerleri, 2010), sodyum silikat (nSi02Na20) (Helmy, 2016), gibi çeşitli aktivatörler de uçucu külün aktifleştirilmesinde etkili olmaktadır. Dayanımı yüksek bir geopolimer elde etmek için NaOH ve $nSiO_2Na_2O$ belirli oranlarda karıştırılmaktadır. (Southos vd., 2016, Kaya 2016). PVA lifi 50 yıl önce Japonya'da ilk organik lif olarak üretilmiştir. Özellikle 1980'li yıllardan günümüze kadar çimento esaslı harç ve beton üretiminde kullanılmaktadır. PVA lifleri, organik liflere kıyasla yüksek elastisite modülü ve dayanıma sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı ile çatlak ilerlemesini önlemede olumlu davranış gösterirler. PVA lif takviyeli betonlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, bu betonların dayanımlarının lifsiz betonlara kıyasla yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca enerji yutma kapasitelerinin yükseklik olduğu tespit edilmiştir (Onar, 2014). Bu çalışmada PVA lifli geopolimer harçların lif içermeyen harçlara kıyasla yüksek sıcaklık etkisi sonucu mekanik özelliklerinin karşılaştırması yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada aktivatör olarak kullanılan sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır. NaOH'un kimyasal özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir**.**

Tablo 1. NaOH'un Özellikleri

Kimyasal Adı	**Sodyum Hidroksit**
Kimyasal Formül	NaOH
Molekül ağırlık	40 g/mol
Asidimetrik	≥ 97
Na_2CO_3	≤ 1
Cl	< 0,01
SO_4	≤ 0,01
Ağır Metal	≤ 0,002
Al	≤ 0,002
Fe	≤ 0,002

Çalışmada, Türkiye'deki Sugözü Termik Santrali atığı olan F sınıfı uçucu kül kullanılmıştır. Uçucu küle ait fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2' de verilmiştir. Kullanılan PVA lifin özellikleri ise Tablo 3'te verilmiştir.

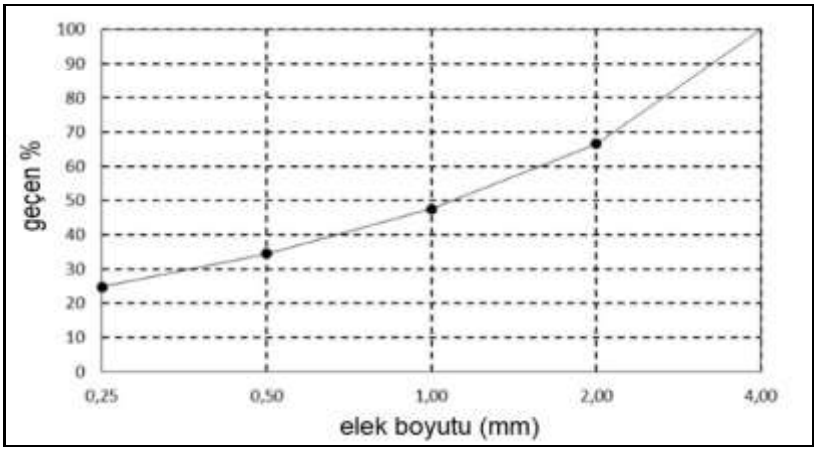
Tablo 2. Uçucu külün kimyasal ve fiziksel özellikleri

Özellikler	(%)
Kimyasal Özellikler	
MgO	1,65
Al_2SO_3	21,69
SiO_2	60,51
SO_3	0,53
Na_2O	0,92
K_2O	2,58
CaO	1,52
Fe_2SO_3	7,85
Serbest CaO (%)	0,18
Kızdırma Kaybı	2,42
TOPLAM	98,98
Fiziksel Özellikler	
Özgül ağırlık (ton/m^3)	2,65
45 mikron elek bakiyesi	8,8
Blain özgül yüzey (cm^2/gr)	2360

Tablo 3. PVA Lifin Özellikleri

Çap (micron)	Uzunluk (mm)	Çekme Dayanımı (GPa)	Elastisite Modülü (GPa)
40	8	1,6	42

Harç üretiminde özgül ağırlığı 2,63, su emme oranı % 0,98 olan 0-4 mm tane aralığında kalker kökenli ince kum kullanılmıştır. Agreganın elek analizi Şekil 1'de grafiksel olarak verilmiştir. Çalışmada şehir şebeke suyu kullanılmıştır.



Şekil 1. Kumun Elek Analizi

Bu çalışmada geopolimer harç numunelerini üretmek için F sınıfı uçucu kül, sodyum hidroksit ile aktive edilmiştir. Bağlayıcı/kum oranı 1/3 ve su/bağlayıcı oranı 0.30 olarak belirlenmiştir. PVA lifi içeren ve içermeyen geopolimer harçların tamamı, ağırlıkça %14 sodyum içeren NaOH, uçucu kül ve kum, su ile karıştırılarak hazırlanmıştır. Karıştırma işlemi standart çimento mikserinde yapılmıştır. Lifli harçlarda PVA lif oranı hacimce % 0.5, % 1 ve% 1.5 olarak belirlenmiştir. Geopolimer numuneler 40x40x160 mm³ boyutlarındaki standart kalıplara yerleştirilmiş, daha sonra 24 saat boyunca 95°C'de sıcak kür uygulanmıştır. Isı küründen çıkarılan numunelere oda sıcaklığında 28 güne kadar bekletilmiştir. Numunelerin karışım oranları Tablo 4'te verilmiştir.

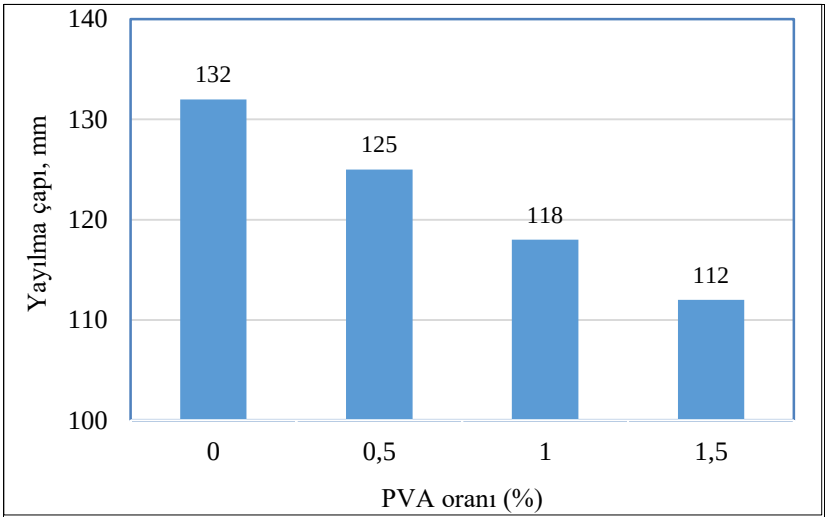
Tablo 4. Numunelerin karışım oranları.

Numune Kodu	Uçucu kül/kum	Su/uçucu kül	Sodyum/ Uçucu Kül(%)	PVA hacimsel (%)
PVA0	1/3	0.30	14	0
PVA5	1/3	0.30	14	0.5
PVA10	1/3	0.30	14	1
PVA15	1/3	0.30	14	1.5

Deneysel çalışma kapsamında taze harç işlenebilirliği tayini için, TS EN 1015-3'te taze harç kıvamının tayini (yayılma tablası ile) metodu kullanılmıştır. Kür sonucunda sertleşmiş numuneler üzerinde birim ağırlık, su emme, boşluk oranı ve ultrases geçiş hızı deneyleri yapılmıştır. Ayrıca 40x40x160 mm boyutlu prizmatik örnekler üzerinde TS EN 1015-11 standardına göre eğilme ve basınç dayanımı testleri yapılmıştır. Daha sonra, numuneler ayrı gruplar halinde sırası ile 200 ºC, 400 ºC, 600 ºC ve 800 ºC yüksek sıcaklık etkisine maruz bırakılmıştır. Her sıcaklık grubundaki numuneler hedef sıcaklığa ulaştıktan sonra 1 saat sıcaklık etkisinde bekletilmiş, daha sonra soğumaya bırakılmıştır. Sıcaklık deneyi sonucunda numunelerin eğilme ve basınç dayanımları test edilmiştir.

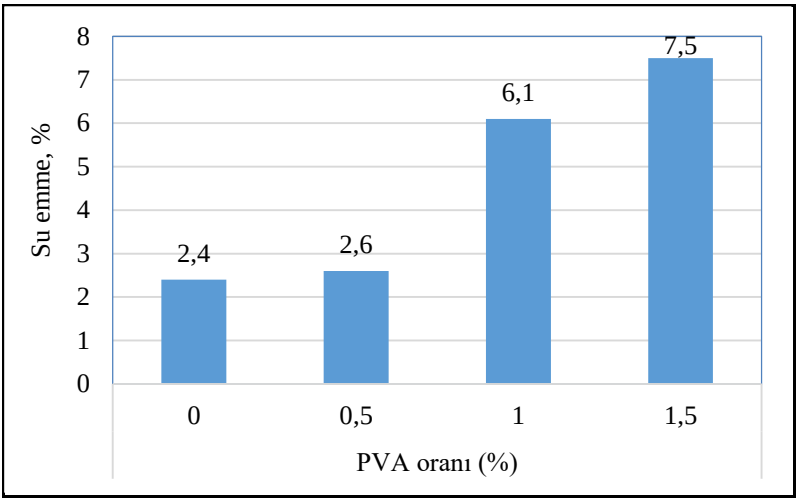
Deney Sonuçları ve Değerlendirmeler

Hazırlanan taze harç karışımları üzerinde yapılan deneyler sonucunda PVA lif içermeyen numunelerin yayılma değerinin, PVA lif içeren numunelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Karışım içerisindeki PVA lifi miktarının artması ile işlenebilirlik azalmıştır. Lif miktarının artışı ile birlikte yayılma değerlerinde azalma gözlenmiştir. Lifsiz geopolimer numunelerde yayılma değeri 132 mm iken, % 1.5 PVA lif içeren numunelerde 112 mm yayılma değeri belirlenmiştir. Yayılma tablası deney sonuçları şekilde 2'de grafiksel olarak gösterilmiştir.



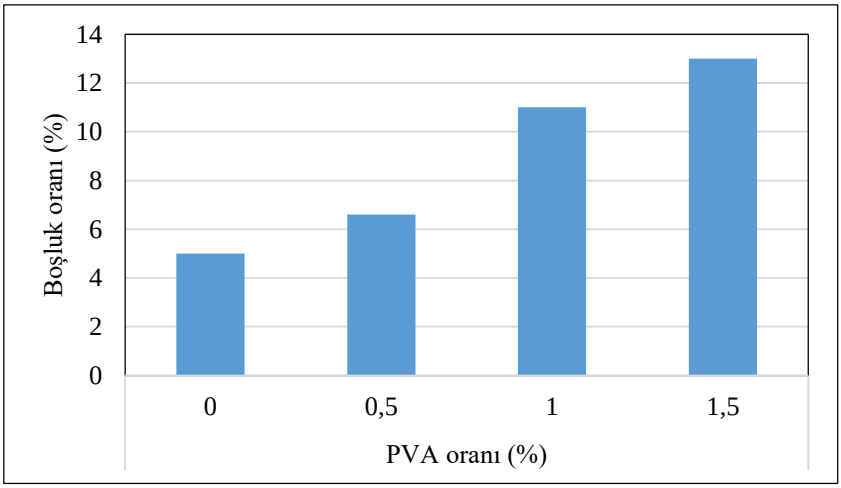
Şekil 2. Harç numunelerin yayılma tablası değerleri

PVA lifi miktarındaki artış ile su emme oranlarında artış gözlenmiştir. En düşük su emme oranı, PVA lifi içermeyen numunelerde % 2.4 iken, en yüksek su emme oranı ise % 1,5 PVA lifi içeren numunelerde % 7.5 olarak tespit edilmiştir. Numunelerin su emme oranları Şekil 3' de verilmiştir.



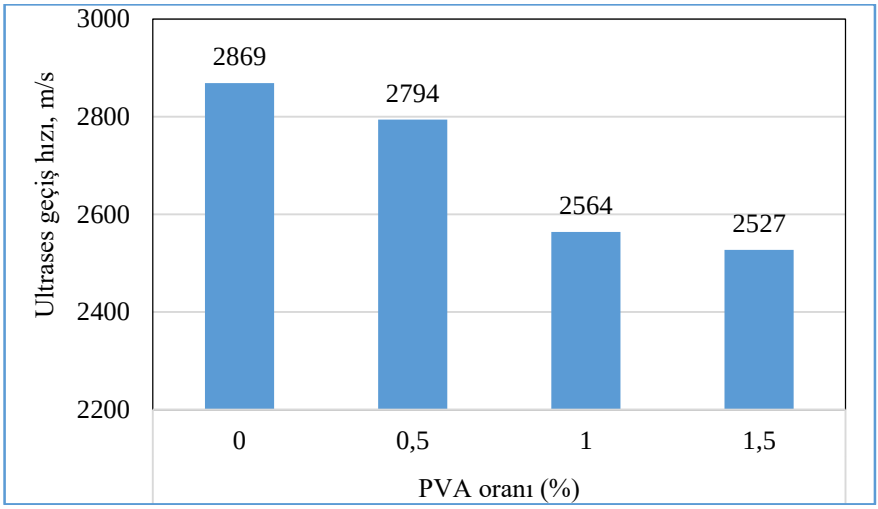
Şekil 3. Numunelerin su emme oranları.

PVA lifi miktarı arttıkça, boşluk oranında belirli bir artış gözlenmiştir. Lifsiz numunelerin boşluk oranı % 5 iken, %1.5 lif içeren numunelerin boşluk oranı %13 olarak tespit edilmiştir. Numunelerin boşluk oranları şekil 4'te verilmiştir.



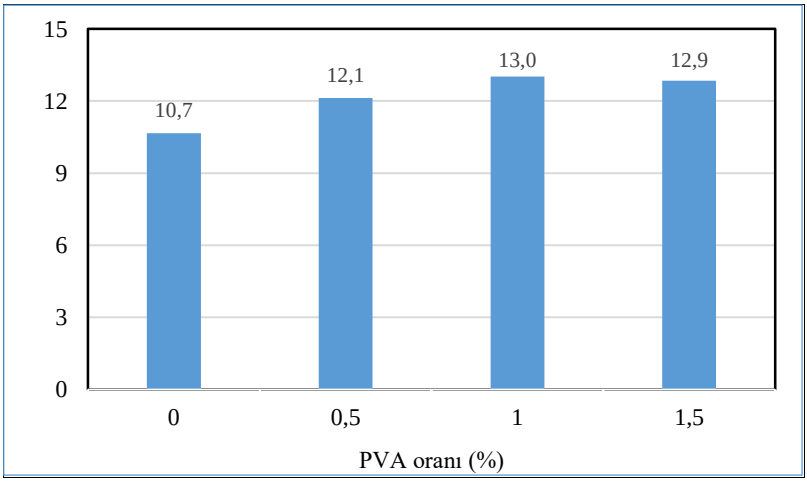
Şekil 4. Numunelerin boşluk oranları.

Ultrases geçiş hızları, PVA lifi miktarının artmasıyla birlikte bir azalmıştır. Lifsiz numunelerde ultrases geçiş hızı 2869 m/s olarak tespit edilmiştir. % 1.5 lif içeren numunelerde ise ultrases geçiş hızı 2527 m/s olarak ölçülmüştür. Numunelerin ultrases geçiş hızları Şekil 5'te verilmiştir.



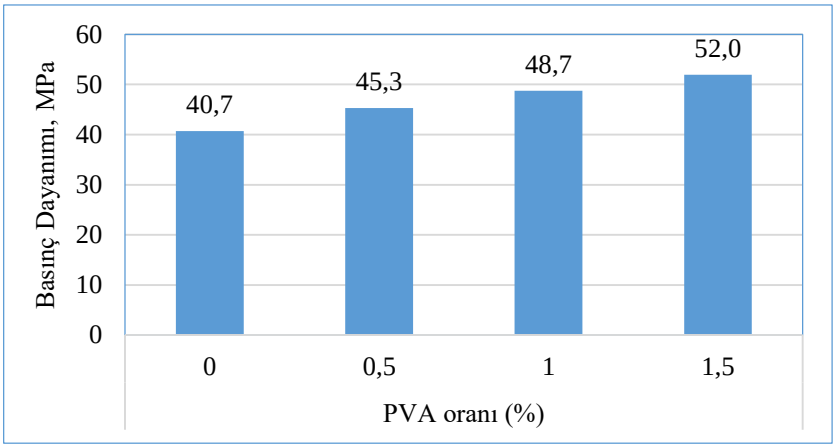
Şekil 5. Numunelerin ultrases geçiş hızları.

PVA lif miktarı arttıkça eğilme dayanımında belirli bir artış gözlenmiştir. Lifsiz numunelerde 10.66 MPa'lık eğilme dayanımı gözlenirken, % 1 lif içeren numunelerde 13.02 MPa eğilme dayanımı tespit edilmiştir. Numunelerin eğilme dayanımları Şekil 6' da grafiksel olarak gösterilmiştir.



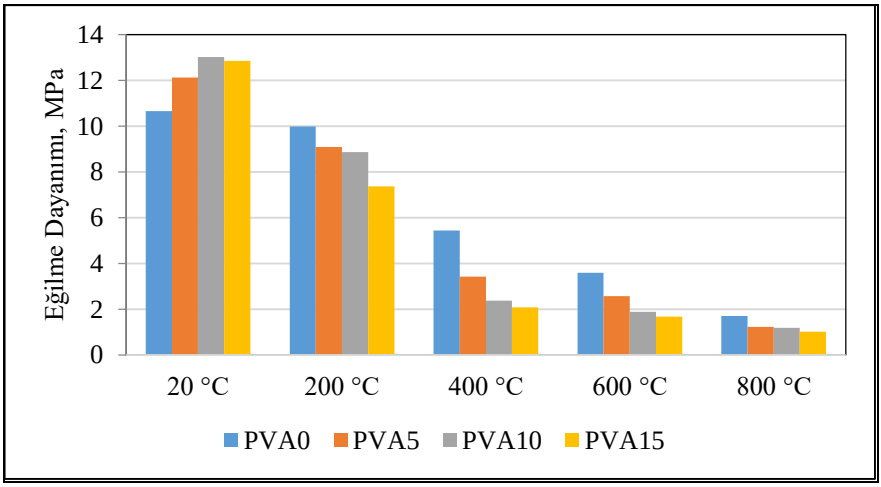
Şekil 6. Numunelerin eğilme dayanımları.

PVA lifi miktarının artışı ile birlikte basınç dayanımında belirli bir artış gözlenmiştir. PVA fiber içermeyen numunelerde 40.73 MPa basınç dayanımı gözlenirken, % 1,5 PVA lif içeren numunelerde 51.95 MPa basınç dayanımı tespit edilmiştir. Numunelerin basınç dayanımları Şekil 7' de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 7. Numunelerin basınç dayanımları.

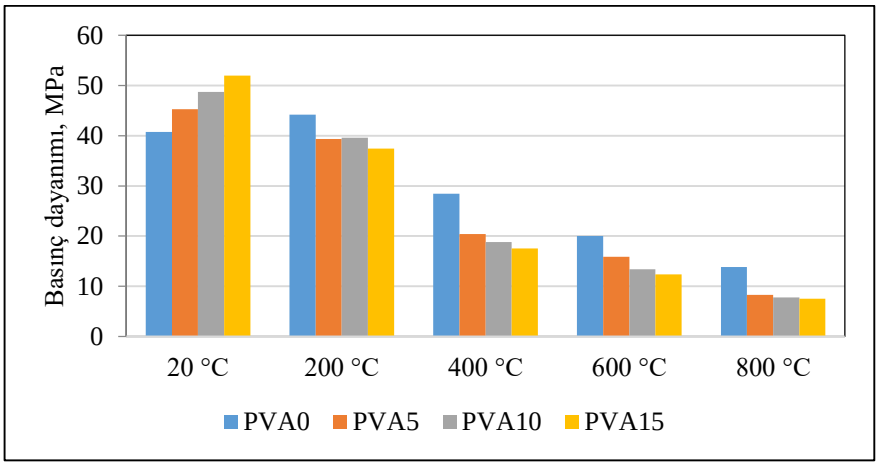
Yüksek sıcaklık sonucunda tüm karışımların eğilme dayanımlarında azalma gözlenmiştir. Tüm sıcaklıklarda PVA lif içermeyen numunelerin eğilme dayanımları en yüksek değerleri göstermiştir. (9,98 MPa-1,70 MPa). %1,5 PVA içeren numunelerde 200 ºC sıcaklık sonrasında eğilme dayanımı 12,85 MPa, 800 ºC sıcaklık sonrasında ise 1,02 Mpa olarak tespit edilmiştir. Numunelerin yüksek sıcaklık sonrası eğilme dayanımları şekil 8' de verilmiştir.



Şekil 8. Numunelerin eğilme dayanımı.

Lifsiz numunelerde 800 ºC sıcaklık sonrası eğilme dayanımı %52,65 azalma gösterirken, %1,5 PVA içeren numunelerde ise 800 ºC sıcaklık sonrası eğilme dayanım kaybı %48,02 olarak tespit edilmiştir. PVA lif oranı arttıkça, yüksek sıcaklık sonucu eğilme dayanımlarındaki kaybın daha az olduğu gözlenmiştir. Numunelerin yüksek sıcaklık sonrası eğilme dayanımları Şekil 9' da verilmiştir.

Yüksek sıcaklık sonucunda tüm karışımların basınç dayanımlarında azalma gözlenmiştir. Tüm sıcaklıklarda PVA lif içermeyen numunelerin basınç dayanımları en yüksek değerleri göstermiştir. (44,22 MPa-13,83 MPa). %1,5 PVA içeren numunelerde 200 ºC sıcaklık sonrasında basınç dayanımı 37,47 MPa, 800 ºC sıcaklık sonrasında ise 7,53 MPa olarak tespit edilmiştir. Numunelerin yüksek sıcaklık sonrasındaki basınç dayanımları Şekil 8'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Deney sonuçları PVA lifli geopolimer betonlar (Manfaluthy ve Ekapurti, 2017) benzer sonuçlar göstermektedir.



Şekil 9. Numunelerin basınç dayanımı.

Lifsiz numunelerde 800 ºC sıcaklık sonrası basınç dayanımı %30,95 azalma gösterirken, %1,5 PVA içeren numunelerde ise 800 ºC sıcaklık sonrası basınç dayanım kaybı %39,08 olarak tespit edilmiştir. PVA lif içermeyen numunelerin tüm sıcaklık gruplarında PVA lif içeren numunelere kıyasla basınç dayanım kayıplarının daha az olduğu gözlenmiştir.

Sonuçlar

Deney çalışmalardan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Tüm sıcaklıklarda PVA lif içermeyen numunelerin eğilme dayanımları en yüksek değerleri göstermiştir. PVA lif oranı arttıkça, yüksek sıcaklık sonucu eğilme dayanımlarındaki kaybın daha az olduğu gözlenmiştir.
- Tüm sıcaklıklarda PVA lif içermeyen numunelerin basınç dayanımları en yüksek değerleri göstermiştir. PVA lif içermeyen numunelerin tüm sıcaklık gruplarında PVA lif içeren numunelere kıyasla basınç dayanım kayıplarının daha az olduğu gözlenmiştir.
- Lif içeren numunelerin dayanım kayıplarının fazla olması PVA liflerin 250 ºC sıcaklıktan sonra bozulmaya uğraması ile açıklanabilir. PVA Lif katkısının 200 C sıcaklıktan sonra eğilme ve basınç dayanımına olumlu katkısının olmadığı söylenebilir. PVA lif katkısının mekanik dayanım üzerine olumlu etki yaptığı gözlenmiştir.

- Geopolimer harçların yüksek sıcaklığa karşı dayanım açısından iyi performans gösterdikleri bilinmekle birlikte (Kaya vd 2016), bu çalışmadaki dayanım kaybı oranının yüksek olması kalker esaslı agreganın 600 ºC sıcaklık sonrası bozulma göstermesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Kaynaklar

Aydın, S. 2010. Alkalilerle aktive edilmiş yüksek fırın cürufu bağlayıcılı lifli kompozit geliştirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi

Benhelal, E., Gholomreza, Z., Ezzatlollah, S. and Alireza, B. (2013). Global Strategies and Potentials to Curb CO_2 Emissions in Cement Industry. *Journal of Cleaner Production*, 51 (15), pp. 142 -161.

Davidovits, J. Geopolymers and Geopolymeric New Materials, Journal of Thermal Analysis 35 (2) : pp. 429 – 441, 1989

Helmy, A.I.I. (2016). Intermittent Curing of Fly Ash Geopolymer Mortar. *Construction and Building Materials* Vol.110, pp. 54 – 64.

Kaya, M (2016). Farklı Tür Uçucu Küller Kullanarak Üretilen Alkali Aktive Edilmiş Harçların Mekanik ve Durabilite Özelliklerinin İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi,,*

Lizcano, M., Kim H.S., Basu, S. ans Radovic M. (2012). Mechanical properties of sodium and potassium activated metakaolin-based geopolymers. *Journal of Materials Science*. Vol.47, pp.2607-2616.

Ma, Y. and Ye, G. (2015). The shrinkage of alkali activated fly ash. *Cement and Concrete Research*, Vol. 68, pp.75-82.

Manfaluthy, M., Ekaputri, J, The Application of PVA Fiber to Improve the Mechanical Properties of Geopolymer Concrete, *MATEC Web of Conferences 138, 01020 (2017)*

Monticelli, C., Criado, M., Fajardo, S., Bastidas, J.M, Abottoni, M. and Balbo, A. (2014). Corrosion Behaviour of a Low Ni Austenitic Stainless Steel in Carbonated Chloride-Polluted Alkali-Activated Fly Ash Mortar. *Cement and Concrete Research*, Vol.55, pp. 49-58.

Özodabaş, A. and Yılmaz, K. (2013). Improvement of the Performance of Alkali Activated Blast Furnace Slag Mortars with Very Finely Ground Pumice. *Construction and Building Material*, Vol.48, pp. 26-34.

Petermann, J.C., Saeed, A. and Hammons, M.I. (2010). Alkali-Activated Geopolymers: A Literature Review. *Air Force Research Laboratory Materials and Manufacturing Directorate Airbase Technologies Division*, AFRL-RX-TY-TR-2010-009.

Sanayi Genel Müdürlüğü. (2015). *Çimento Sektör Raporu,* Turkiye

Slaty, F., Khoury, H., Wastiels, J. and Rahier, H. (2013). Characterization of Alkali Activated Kaolinitic Clay. *Applied Clay Science*, Vol.75–76, pp 120-125.

Soutsos, M., Boyle, A.P., Vinai, R., Hadjierakleous, A. and Barnett, S.J. (2016). Factors Influencing the Compressive Strength of Fly Ash Based

Geopolymers. *Construction and Building Materials*. Vol.110, pp. 355 – 368.
The Europen Cement Association. (2017), Activity Report http://www.cembureau.be.
TS EN 1015-11,Kagir harcı- Deney metotları- Bölüm 3: Taze harç kıvamının tayini (yayılma tablası ile), Türk Standartları Enstitüsü
TS EN 1015-11, kagir harcı - Deney metotları - Bölüm 11: Sertleşmiş harcın basınç ve eğilme dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü

BOR ATIĞININ POMZA AGREGASI KULLANILARAK ÜRETİLEN HAFİF BETONUN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Hakan Çağlar *

* Kastamonu Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

E-mail: hcaglar@kastamonu.edu.tr

Halil Tezel**

Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu, Türkiye

E-mail: htezel@hotmail.com

Arzu Çağlar***

Kastamonu Üniversitesi, Yapı Denetimi Bölümü, Kastamonu, Türkiye

E-mail: arzuyilmaz@kastamonu.edu.tr

Özet

Beton; bileşenleri olan çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belirli oranlarda karışımlarından meydana gelen ve inşaat sektöründe en çok kullanılan yapı malzemesidir. Kullanış amacı ve istenilen özelliğe göre çeşitli tiplerde beton üretmek mümkün olmaktadır. (Baradan ve Yazıcı, 2003). Teknolojinin gelişmesi ve ilerlemesine paralel olarak beton sanayinde de gelişmeler meydana gelmiştir. Beton üretiminde meydana gelen bu gelişmeler ve gelişmelere paralel yenilikler özel betonlar adı ile beton teknolojisine girmiştir. (Yazıcıoğlu ve Bozkurt, 2006). Birim hacim ağırlığı düşük, ısı ve ses yalıtımı yüksek, yeterli dayanıma sahip ve yanmaz bir malzeme olan hafif betonlar özel beton çeşitlerinin başında gelmektedir (Topçu, 2006).

Bu çalışmada, endüstriyel atıklardan olan bor atığının pomza agregası kullanılarak üretilen hafif betonun mühendislik özelliklerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, Referans olarak alınacak pomza agregalı hafif beton üretilmiştir. İkinci aşamada, farklı oranlarda (%5, %10 ve %15) bor atığı kullanılarak hafif beton üretimi yapılmıştır. Üçüncü ve son aşamada ise üretilen hafif beton numunelerine basınç ve yarmada çekme dayanımı deneyleri uygulanmıştır. Sonuç olarak; uygun miktarlarda bor atığının kullanılması hafif betonun mühendislik özelliklerine olumlu yönde katkı sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca endüstriyel bir atık olan borun inşaat sektöründe kullanılması hem çevreye verilen zararın minimize edilmesi hem de atıkların tekrar üretime katılması yönünden çevreye ve ekonomiye katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Bor atığı, pomza, beton, hafif beton.

1. GİRİŞ

İnsanlar barınma amacıyla çeşitli yapılara ihtiyaç duymaktadır. Bu yapılarda en önemli yeri ise malzeme almaktadır. Beton; bileşenleri olan çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belirli oranlarda karışımlarından meydana gelen ve inşaat sektöründe en çok kullanılan yapı malzemesidir (Baradan ve Yazıcı, 2003).

Betonlar birim ağırlıklarına, basınç dayanımlarına ve üretim yerlerine göre gruplara ayrılmaktadırlar. Birim ağırlıklarına göre betonlar; normal betonlar, hafif betonlar, basınç dayanımlarına göre betonlar; hafif betonlar, normal betonlar, yüksek dayanımlı betonlar, üretildikleri yerlere göre betonlar; şantiye betonu, santral betonudur (Azizi, 2007).

Gelişen teknoloji ve betondan istenen özelliklerin değişmesi ile birlikte beton sanayinde de gelişmeler meydana gelmiştir. Beton endüstrisinde meydana gelen bu değişimler sonucu üretilen betonlara özel betonlar denilmektedir. Ağır beton, yalıtım özellikli beton, taşıyıcı hafif beton, kendiliğinden yerleşen beton ve yüksek akıcılığa sahip beton bu özel betonlara örnek olarak verilmektedir (Yazıcıoğlu ve Bozkurt, 2006).

Özel beton türlerinden biri olan hafif betonlar, etüv kurusu durumundaki birim ağırlığı 800-2000 kg/m^3 arasında değişen betonlardır (Demirboğa, 1999). Yapının zati yükünün azalması nedeniyle malzeme yönünden ekonomi sağlanması ve düşük birim ağırlığı sayesinde yüksek ısı ve ses yalıtımı gibi yararlar sağlaması, hafif betonun inşaat sektöründe tercih edilen bir yapı malzemesi haline getirmiştir (Haque vd., 2004). Hafif Beton; hafif betonun normal betondan ayıran en önemli özellik hafif betonun hafiflik ve ısı yalıtım özelliği sağlayan boşluklarının olmasıdır. Hafif betondaki bu boşluklar, boşluklu agrega kullanımı, boşluklu iç yapı oluşumu ve ince harç içinde gaz kabarcıkları oluşumu ile sağlanmaktadır (Topçu, 2006).

Düşük ısıl iletkenlik katsayısı değeri, düşük yoğunluk ve mimari esneklik özelliklerinden ötürü kullanılması ve araştırılması gün geçtikçe önem kazanan bir konu olmuştur. Literatüre bakıldığında; Demirboğa ve Gül (2003), pomza madenini agrega olarak kullanarak hafif beton üretimi yapmışlardır. Çimento yerine uçucu kül kullanmış ve ürettikleri hafif betonun ısı geçirgenliğini araştırmışlardır. Sonuç olarak; uçucu kül katkılı, pomza agregalı hafif betonun ısıl iletkenlik katsayısının refereans numunesine göre azaldığını tespit etmişlerdir.

Serin (1999), pomza agregası ve diatomit kullanarak hafif beton numuneleri üretmişlerdir. Ürettikleri numunelere mekanik, fiziksel ve kimyasal deneyler uygulamış ve elde edilen sonuçları geleneksel beton numuneleriyle karşılaştırmışlardır. Bu çalışma neticesinde pomza ve diatomit katkılı beton

numunelerin taşıyıcı beton değil de ara bölme duvar bloğu ya da yalıtım blokları olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Koç ve Kılıç (1988), Karaman bölgesinde bulunan pomzanın hafif beton üretiminde agrega olarak kullanımını incelemişlerdir.

Çankıran (1998), yaptığı çalışmada pomza agregası kullanarak ürettiği hafif betonun mekanik özelliklerini incelemiş ve kimyasal katkılar kullanılarak hafif beton dayanımının arttırılabileceğini ve birim ağırlıklarının azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Oğuz (1994), pomza agregası kullanarak ürettiği betonun fiziksel ve mekanik özeliklerini incelemiştir. Sonuç olarak; üretilen hafif betonun dayanımının arttığını bildirmiş ve ürettiği yarı hafif ve hafif betonların taşıyıcı hafif beton olarak kullanılamayacağını tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada, endüstriyel atıklardan olan bor atığının pomza agregası kullanılarak üretilen hafif betonun mühendislik özelliklerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, Referans olarak alınacak pomza agregalı hafif beton üretilmiştir. İkinci aşamada, farklı oranlarda (%5, %10 ve %15) bor atığı kullanılarak hafif beton üretimi yapılmıştır. Üçüncü ve son aşamada ise üretilen hafif beton numunelerine basınç ve yarmada çekme dayanımı deneyleri uygulanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Çimento

Geçmişten günümüze kadar beton karışımı içerisinde birçok malzeme bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Geçmişte yağlı kireç, farklı türlerde doğal çimentolar, alçı ve çeşitli puzolanlar kullanılırken günümüzde portland çimentosu kullanılmaktadır (Akyıldız,2012).

Çimento; su ile harmanlandığında hidratasyon oluşturan, sonunda priz alarak sertleşmiş bir hamur haline gelen, daha sonra suyun altında bile dayanıklılığını koruyabilen hidrolik bağlayıcılara denilmektedir (TS EN 197-1, 2012).

Çalışma kapsamında üretilen hafif betonda bağlayıcı olarak, TS EN 197-1 baz alınarak üretilen CEM I 42.5 N tipi Portland Çimentosu tercih edilmiştir. Çimentoya ait özellikler Tablo 1’de verilmiştir. Deneylerde s/ç oranı 0,25-0,35 arasında tutulmuştur.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan çimentonun özellikleri

Kimyasal Bileşim %		
Bileşen		**Çimento**
		Nuh CEM I 42,5R
CaO, toplam		63,41
CaO, serbest		1,2
SiO2, toplam		20,22
Al2O3		5,67
Fe2O3		2,91
MgO		0,96
SO3		2,92
Na2O		
K2O		
Mn2O3		
TiO2		
Kızdırma kaybı		3,32
Çözünmeyen kalıntı		0,93
Fiziksel ve Mekanik Özellikler		
Özgül Ağırlık		3,19
İncelik Blaine (cm^2/gr)		3654
Basınç Dayanımı (MPa)	2- Gün	29,8
	7- Gün	49,6
	28- Gün	61,1

2.1.2. Pomza

Pomza; volkanik olaylar sonucunda meydana gelen, boşluklu yapıya sahip, süngerimsi, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklı olan ve volkanik kökenli bir madendir. Oluşumu sırasında içerisinde bulunan gazların ani bir şekilde kayaç bünyesinden ayrılması ve aniden soğuması nedeniyle sayısız gözenekler meydana gelmiştir. Oluşan bu gözeneklerin birbirleriyle bağlantısı bulunmamaktadır. Bu özelliğinden dolayı ısı ve ses yalıtım özelliği yüksektir

(Yılmaz, 2017). Pomza asidik ve bazik olmak üzere iki guruba ayrılmıştır (Şekil 1). Pomzanın kullanımı dünya endüstrisinde uzun zamandan beri olmasına rağmen ülkemiz endüstrisine son yirmi yıl içerisinde girmiştir. Endüstride hammadde veya katkı malzemesi olarak kullanıma sunulmuştur (Varol, 2015).

Şekil 1. Asidik ve Bazik pomza örnekleri (Ünal vd., 2003)

Çalışmada hafif beton üretiminde 0-1 mm, 2-4 mm ve 4-8 mm ebatlarında Nevşehir bölgesi pomza agregası kullanılmıştır.

2.1.3. Bor ve bor atığı

Bor; periyodik cetvelde III A grubunda yer alan, B harfi ile gösterilen, ametal tek elementtir (Çağlar, 2016). Tabiatta yaklaşık olarak 230 çeşit bor minerali bulunmaktadır (Web ileti 1).

Türkiye, dünya da bilinen bor minerali yataklarının 803 milyon ton bor rezervini batı sınırları içerisinde bulunmaktadır (Özdemir ve Öztürk, 2003; Elbeyli vd., 2004). Ticari olarak en önemli bor mineralleri tinkal ($Na_2B_4O_7$ $10H_2O$), kolemanit ($Ca_2B_6O_{11}$ $5H_2O$) ve üleksittir ($NaCaB_5O_9$ $8H_2O$) (Helvacı, 2005; Christogerou vd., 2009). B_2O_3 içeriği açısından %72'lik bir paya sahip olan bor rezervleri ulusal madencilik şirketi Eti Maden tarafından kontrol edilmektedir (Christogerou vd., 2009).

Bor yatakları Bursa/Kestelek, Eskişehir/Kırka, Balıkesir/Bigadiç ve Kütahya/Emet bölgesinde yer almaktadır (Eyyüboğlu, 2013). Kırka/Eskişehir'de tinkal yatakları, Emet/Kütahya ve Bigadiç/Balıkesir bölgesinde kolemanit yatakları Bigadiç/Balıkesir' de ise üleksit rezervi bulunmaktadır. Ayrıca Kestelek/Bursa'da üleksit yan ürün olarak üretilmektedir.

Çalışmada kullanılan bor atığı içerisinde bağlayıcılık özelliği olan kuvars (SiO2), demir oksit (Fe2O3) ve alümina (Al2O3) gibi bileşikler bulunmaktadır. Ayrıca magnezyum oksit (MgO) ve kalsiyum oksitte (CaO) bulunmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. Bor atığının kimyasal özellikleri (Akyıldız, 2012)

Bileşen	B_2O_3	CaO	MgO	SiO_2	Na_2O	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Kızdırma Kaybı
Bor atığı (%)	25	10,38	13,94	12,98	5,67	0,96	0,20	0,72	29,15

2.1.4. Karışım Suyu

Çalışmada karışım suyu olarak Kastamonu ili şehir şebeke suyu tercih edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Hafif Betonun Üretilmesi

İlk olarak betonu oluşturan malzemeler olan pomza, bor atığı, çimento ve su mikser yardımıyla homojen bir karışım oluşturana kadar karıştırılmıştır (Şekil 2).

Şekil 2. Betonu oluşturan malzemelerin mikserde karıştırılması

Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra üretilen beton karışımı 150x150x150 mm ebatlarında küp numune kalıplarına dökülmüştür (Şekil 3).

Şekil 3. Numunelerin kalıplara dökülmesi

24 saat kalıplarda prizinin alması beklenilen hafif beton numuneleri kalıptan çıkarılarak kür havuzuna alınmıştır (Şekil 4). 28 gün kur havuzunda kür edilen numuneler kür havuzdan çıkarılan numuneler mekanik özelliklerinin belirlenmesi için basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı deneylerine tabi tutulmuştur.

Şekil 4. Numunelerin kür edilmesi

2.2.2. Üretilen Betonlara Uygulanan Basınç Dayanımı Deneyi

Basınç dayanımı deneyi TS EN 772-1 standardına göre, bilgisayar kontrollü basınç presinde basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Kurutulan numunelerin basınç dayanımı değeri kırılma yükünün yüzey alanına bölünmesi sonucu hesaplanmıştır. Deney Kastamonu Karayolları Bölge Müdürlüğü Yapı Laboratuvarı'nda yapılmıştır (Şekil 5).

Şekil 5. Basınç dayanımı

2.2.3. Üretilen Betonlara Uygulanan Yarmada Çekme Dayanımı Deneyi

Öncelikle hafif beton numuneleri kür havuzundan çıkarılmış ve etüv fırınında (1050C'de) kurutulmuştur. Numuneler pres makinesine yerleştirilmiş ve deney sırasında herhangi bir aksilik yaşanmaması için sabitleme işlemi yapılmıştır. Numuneler üzerine yükleme hızı ortalama 0,05 MPa olan yük uygulanmıştır. Cihazın yük göstergesinde bulunan ve kırılma anındaki en büyük yükü (Pmax) gösteren değer kaydedilmiştir. Bulunan değerler formülde yerine yazılarak yarmada çekme dayanımı hesaplanır (Şimşek, 2007). ft; Yarmada çekme dayanımını (N/mm2), L; Silindir yüksekliği, b: Numune kesitinin boyunu ifade etmektedir.

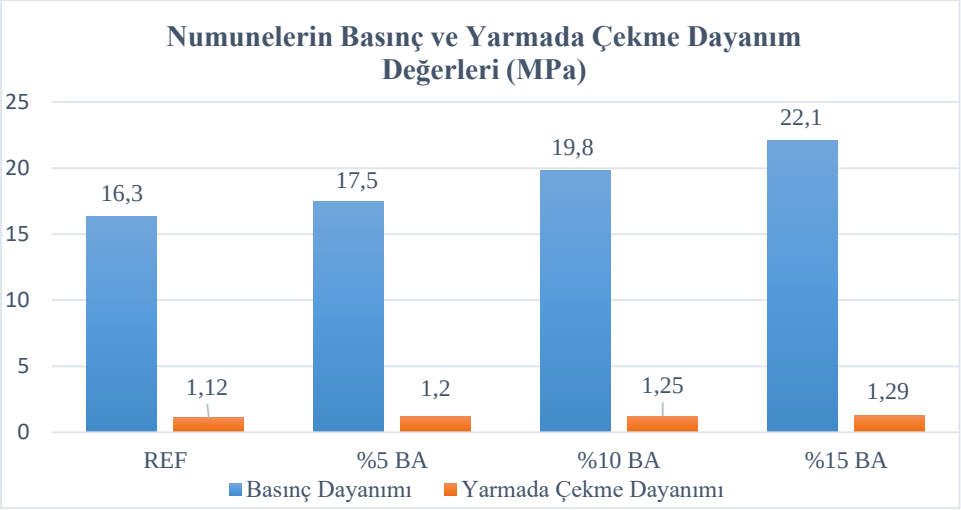
$$\mathbf{ft = (2.\ Pmax) / (\pi\ .\ D.\ L)}$$

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Şekil 6'da numunelerin basınç ve yarmada çekme dayanım değerleri sunulmuştur. Grafik incelendiğinde; Referans numunesinin 16,3 MPa ile en düşük basınç dayanımına sahipken, en yüksek basınç dayanımının 22,1 MPa ile %15 oranında bor atığı katkısıyla sağlandığı görülmektedir. Bor atığı miktarının artmasıyla üretilen hafif beton numunelerinin basınç dayanımında da artış meydana gelmektedir. %5, %10 ve %15 oranında bor atığı katkılı üretilen hafif beton numunelerinin ACI 213R-87'de belirtilen hafif beton dayanım değerinin (17,2 MPa) üzerinde dayanım değerine sahip olduğu görülmektedir. Diğer bir

deyişle bor atığı katkılı numuneler taşıyıcı hafif beton olarak nitelendirilebilmektedir.

Yarmada çekme dayanım değerleri incelendiğinde ise; 1,12 MPa ile referans numunesinin en düşük yarmada çekme dayanımına sahipken, 1,29 MPa ile %15 oranında bor atığı katkılı numunenin en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Bor atığı miktarının artmasına paralel olarak yarmada çekme dayanımında da artış meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 6. Numunelerin basınç ve yarmada çekme dayanım değerleri

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada hafif beton üretiminde pomza agregasının %5, %10, %15 oranında borik asit katılarak beton üretimi yapılmıştır. Numuneler üzerinde yapılan basınç ve yarmada çekme dayanım deneyleri sonucunda;

- ✓ **N**umunelerin basınç dayanım değerleri incelendiğinde; %15 oranında kullanılan bor atığı 22,1 MPa ile en iyi sonucu vermiştir.
- ✓ Bor atığı miktarının artmasıyla numunelerin basınç dayanımı değerlerinde artış meydana gelmiştir.
- ✓ **N**umunelerin yarmada çekme dayanım değerleri incelendiğinde ise; Bor atığı miktarının artmasıyla numunelerin dayanımı değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir.
- ✓ Bor atığının hafif beton üretiminde kullanılabileceğinde herhangi bir sakınca olmayacağı belirlenmiştir.

- ✓ Dünyanın önde gelen pomza rezervlerine sahip ülkemizde pomza malzemesi; inşaat ve yapı sanayinde blok, sıva ya da dolgu malzemesi olarak kullanmaktansa, taşıyıcı hafif beton veya ön/ardgerilmeli hafif beton agregası gibi daha verimli bir şekilde değerlendirilmelidir. Pomzanın bu şekilde kullanılması yapının ağırlığına getireceği azalma ile birlikte yapıların deprem dayanımını da arttıracaktır.
- ✓ Yüksek miktarda enerji tüketimi sonucu üretilen yapay hafif agrega yerine, pomza, perlit ve zeolit gibi yerel kaynakların kullanılması ekonomiye katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

Baradan, B., Yazıcı, H. (2003). Betonarme yapılarda durabilite ve TS EN 206-1 standardının getirdiği yenilikler. *Türkiye Mühendislik Haberleri, 426(4),* 62-69.

Yazıcıoğlu, S., Bozkurt, N., (2006). Pomza ve mineral katkılı taşıyıcı hafif betonun mekanik özelliklerinin araştırılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21(40),* 675-680.

Topçu, İ.B. (2006). Beton Teknolojisi. *Uğur Ofset,* 570, Ankara.

Azizi S (2007). Perlit katkılı hafif betonların mekanik özellikleri ve ısı yalıtımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Demirboğa, R. (1999). Silis dumanı ve uçucu külün perlit ve pomza ile üretilen hafif beton özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.

Haque, M.N., Al-Khaiata, H. ve Kayalı, O. (2004). Strength and durability of lightweight concrete, *Cement & Concrete Composites (26),* 307-314.

Demirboğa, R. ve Gül, R., 2003. The effects of expanded perlite aggregate, silica fume and fly ash on the thermal conductivity of lighweight concrete, *Cement and Concrete Research, 33 (5)*; 723-727.

Serin, G. (1999). Pomzanın hafif beton blok duvar elemanı olarak kullanılmasının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 100.

Koç, Ş. ve Kılıç, R. (1988), Madenşehri (Karaman) güney batısındaki pomza taşının etüdü ve hafif beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması, *Doğa, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi,* 12.

Çankıran, O. (1998). Pomza agregalı hafif betonun mekanik özellikleri ve kimyasal katkılarla dayanımının artırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Oğuz, C. (1994). Pomza betonda fiziksel ve mekanik özellikler arasındaki ilişkiler. Yüksek Lisans Tezi Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Akyıldız, A. (2012). Beton üretiminde bor atıklarının puzzolan materyal olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

TS EN 197-1, 2012. Çimento - Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Yılmaz, H. (2017). Çimento türü ve pomza agregasının beton karakteristiklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.

Varol, B. (2015). Pomza sektör raporu, *T.C. Ahiler Kalkınma Ajansı Nevşehir Yatırım Ofisi*, Türkiye.

Ünal, O., Demir, İ. ve Uygunoğlu T. (2003). Pomza ve diyatomitin hafif blok eleman üretiminde kullanılmasının araştırılması*, 3. Ulusal Kırnıataş Sempozyumu*, 107– 115, İstanbul.

Çağlar, H. (2016). Radyoaktiviteden kaynaklanan çevresel etkileri azaltmak için borik asit ve polivinil alkol katkılı çimento hamurunun özelliklerinin araştırılması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Web iletisi 1, http://www.boren.gov.tr/tr: (Erişim tarihi: 17.06.2019)

Özdemir, M. ve Öztürk, N. U., 2003, Utilization Of Clay Wastes Containing Boron As Cement Additives, *Cement and Concrete Research, 33 (10),* 1659-1661.

Elbeyli, Y., Kalpaklı, Y., Gülen, J., Pişkin, M. ve Pişkin, M. (2004). Utilization of borax waste as an additive ın building brick production, *Uluslararası Bor Sempozyumu*, Eskişehir, 23-25.

Helvacı, C. (2005). Borates, *Encyclopedia Geology,* 510-522.

Christogerou, A., Kavas, T., Pontikes, Y., Koyas, S., Tabak, Y. ve Angelopoulos, G. N. (2009). Use of boron wastes ın the production of heavy clay ceramics, *Ceramics International, 35 (1),* 447-452.

Eyyüboğlu, S., (2013), Kolemanit konsantratör atıklarının çimento üretiminde değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 57-65.

TS EN 772-1, (2012), Kâgir Birimler - Deney Yöntemleri - Bölüm 1: Basınç Dayanımının Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Şimşek, O. (2007). Beton ve beton teknolojisi, *Seçkin Yayınları*, Ankara.

ACI 213R-87, American Concrete Institute, Spectrum of light weight aggregates. USA.

BİTÜM ASFALTIN KAUÇUK KATKI MALZEMESİ İLE MODİFİYE EDİLMESİ ÜZERİNE DENEYSEL ARAŞTIRMA

Hakan Çağlar*

[1*]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

E-mail: hcaglar@kastamonu.edu.tr

Salih Aluç**

[2]Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

Özet

Ulaştırma sistemleri, başta ekonomi olmak üzere sosyal, siyasal ve kültürel gelişmeyi sağlaması yönünden en önemli altyapı yatırımı olmaktadır. Türkiye'de son zamanlarda yapılan ulaşım yatırımlarından gerek toplam yol ağı uzunluğu gerekse beton asfalt kaplamalı yol uzunluğu giderek çoğalmaktadır. Gün geçtikçe artan taşıt trafiği yolları yapısal olarak tahrip etmektedir. Bu durum beton asfalt kaplamalı yol uzunluğunu artırmaktan ziyade, bakım onarıma harcanmasına neden olmaktadır. Bu durum yol mühendislerinin daha sağlam, uzun süre bakım onarıma ihtiyaç göstermeyecek karışım tasarımları yapmak için çaba sarf etmesini gerekmektedir (He ve ark., 2018)

Karayolu, taban zemini üzerine esnek ve rijit olarak inşa edilen, araçların hızlı, güvenli ve konforlu geçişine sağlayan yapılardır. Düzenli bir dağılıma sahip karayolu ağı, ülkelerin kalkınmasında önem arz etmektedir. Çünkü güçlü ve konforlu bir karayolu ağı, enerji kaynaklarına kolay ulaşılmasını, üretilen ürünlerin hızlı ve olması gerektiği süre de yerine teslim edilmesini ve zamandan tasarruf edilmesini sağlamaktadır (Torun, 2015).

Bu çalışmada, bitüm içerisine %8 oranında kauçuk katkı malzemesi ilave edilerek modifiye bitüm asfalt elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında üretilen kauçuk katkılı bitüm asfalt numunesine penetrasyon, yumuşama noktası, elastik geri dönme, parlama noktası, özgül ağırlık, DSR, ince film halinde ısıtma kaybı deneyleri uygulanmıştır. Ayrıca ısıtma kaybından sonra yumuşama noktası, penetrasyon ve DSR deneyleri yapılmıştır. Buna ek olarak numune RTFO ve PAV ile yaşlandırılmış numunelere DSR ve BBR deneylerine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak; üretilen %8 oranında kauçuk katkılı bitüm asfaltın Karayolları Şartnamesi'ne göre yeterli verimliliği sağladığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: asfalt, kauçuk, bitüm, modifiye bitüm asfalt.

1. GİRİŞ

Ekonomik kalkınma ve yaşam standardının yükselmesine paralel olarak toplumun güvenli, konforlu sürüş kalitesi isteği, üstyapılardan olan yolun yüksek performanslı, aşınma ve bozulmalara karşı daha dayanımlı planlanmasını gerekli kılmıştır. Yolların trafik hacmi ve araç yüklerinde artışın olması, yol yapımında yapılan üretim hataları, atmosfer şartları, yorulma çatlakları ve suya karşı dayanım düşüklüğü yollarda bozulma ve aşınmalara sebep olmaktadır. Tüm bu olumsuzluklar tasarım aşamasında yolun öngörülen ömür ve konfor düzeyini düşürmekte ve bozuk ve konforsuz yollar oluşmasına neden olmaktadır. Yollardan istenilen güven ve konfor şartları büyük ölçüde yol üretiminde kullanılan bitümlü bağlayıcıların ve asfaltların özelliklerine bağlıdır (Şengöz ve Ağar, 2005).

Türk Dil Kurumu asfaltı, siyah renkte, belli bir şekli olmayan bir cins bitüm veya ham maddesi katran olan ve yol kaplamalarında kullanılan karışım olarak tanımlamaktadır (TDK, 2018). Asfalt betonu üretim ve uygulama süreçleri bakımından iyi bir planlamaya ve araştırma yapma gerektiren bir zincire sahip, yol inşaatlarında yaygın kullanılan bir inşaat malzemesidir (Büyüksaraçoğlu, 2009). Asfalt yol kaplamalarında çok maliyetli yapılardır. Bu nedenle asfaltta yol kaplamalarında elde edilecek performansın, hizmet ömürlerinin ve deformasyonlara karşı direncin yükseltilmesi önemli bir çalışma alanı haline gelmektedir (Torun, 2015).

Esnek kaplamalarda meydana gelen bozulmaların tam olarak önlenmesi mümkün değildir. Ancak esnek kaplamaların projelendirilmesinde öngörülen hizmet ömrü boyunca bozulmadan kalabilmeleri kaplamaların stabilite değerleriyle doğrudan ilişkili olmaktadır. Esnek kaplamaların stabilitelerini arttırmak amacıyla birçok katkı malzemesi ile bitüm modifiye edilerek kaplamaların özellikleri geliştirilmeye çalışılmaktadır (Erginer, 2018).

Esnek üstyapı kaplamalarında, artan trafik yükü ve iklim koşullarına bağlı olarak meydana gelen tekerlek izi, soyulma, çatlama, ondülasyon gibi bozulmaları geciktirerek, bakım ve yenileme gereksinimini daha seyrek aralıklara düşürmek ve kaplama performansını arttırmak amacıyla birçok ülkede, bitümlü bağlayıcılara veya karışımlara çeşitli katkı maddeleri eklenerek modifiye bitümler veya karışımlar elde edilmektedir (Zhang vd., 2018). Kauçuk modifiye asfalt bunlardan biridir.

Kauçuk modifiyeli asfalt (RMA), harmanlanmış agregalar, geri dönüştürülmüş kauçuğu ve bitümden oluşan bir bitümlü karışım olmaktadır. Kauçuk yapının elastik özelliği nedeniyle en önemli faktördür.

Kauçuk modifiye bitümün/asfalt polimer katkılara bir alternatif sunmaktadır. Hem düşük sıcaklıkta hem de yüksek sıcaklıkta performansının iyi olması en önemli avantajından biridir. Isısını uzun süre koruması nedeniyle, çalışma sezonunun az, rüzgârlı mevsimlerde avantaj sağlamaktadır (Chen vd., 2019).

Bu çalışmada, bitüm içerisine %8 oranında kauçuk katkı malzemesi ilave edilerek modifiye bitüm asfalt elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında üretilen kauçuk katkılı bitüm asfalt numunesine penetrasyon, yumuşama noktası, elastik geri dönme, parlama noktası, özgül ağırlık, DSR, ince film halinde ısıtma kaybı deneyleri uygulanmıştır. Ayrıca ısıtma kaybından sonra yumuşama noktası, penetrasyon ve DSR deneyleri yapılmıştır. Buna ek olarak numune RTFO ve PAV ile yaşlandırılmış numunelere DSR ve BBR deneylerine tabi tutulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1.Agregalar:

Yol inşaatında kullanılan ana malzeme olan agrega, üst yapının ağırlıkça ve hacim olarak önemli bir kısmını oluşturarak ve yola etkiyen yüklerin oluşturduğu gerilmeleri karşılamada önemli bir rol oynamaktadır (Büyüksaraçoğlu, 2009).

2.1.2. Bitümlü bağlayıcılar

Bitüm, asfaltın içerisinde bağlayıcı amaçla kullanılan ve üst yapıya sağladığı esneklikle birçok avantaj kazandırabilen malzemedir. Asfalt, göl ya da kayalardan doğal halde elde edilebilmesinin yanında, ham petrolün arıtılmasında da elde edilebilir.

Bitüm, asfaltın içerisinde bağlayıcı amaçla kullanılan ve üst yapıya sağladığı esneklikle birçok avantaj kazandırabilen malzemedir (Büyüksaraçoğlu, 2009).

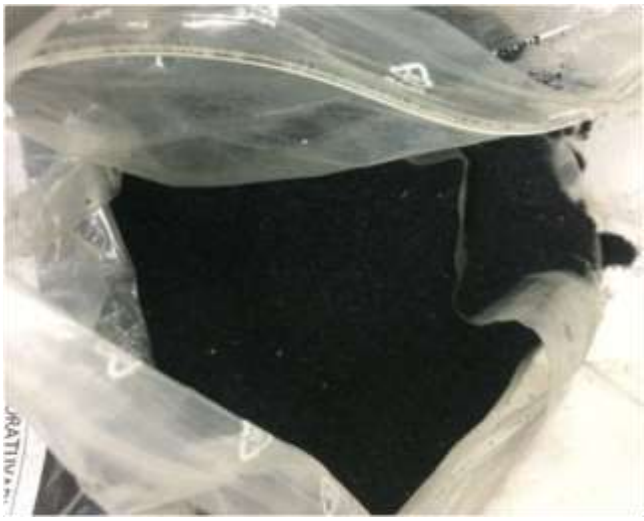
TS EN 12591 standardında verilen bitümlü bağlayıcılar arasında en sık kullanılan bitüm sınıfları B 50/70, B 70/100 ve B 100/150'dir. Bu çalışmada 50/70 penetrasyonlu bitüm kullanılmıştır. Kullanılan bitüm Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş'den (TÜPRAŞ) temin edilmiştir (Şekil 1).

Şekil 1. Bitüm

2.1.3. Kauçuk

Kauçuk, Amerika, Afrika ve Asya'da bulunan farklı ağaçlarından veya bazı petrol artıklarının bileşiminden üretilen, esnek ve çok dayanıklı bir malzemedir (İmamoğlu, 2012).

Çalışmada %8 oranında geri dönüştürülmüş maddelerden elde edilen kauçuk kullanılmıştır.



Şekil 2. Kauçuk

2.1.4. Katkı Malzemeleri

Asfalt üretiminde katkı malzemeleri iki şekilde kullanılmaktadır. Birinci yöntem, katkı maddesini bitüme ikame ederek 'modifiye bitüm' üretilmesidir. İkinci yöntem ise katkı maddesinin asfalt plentinine direkt olarak karışıma katılması sonucu, 'modifiye karışım' elde edilmesi yöntemidir (Büyüksaraçoğlu, 2009).

2.2. Yöntem

2.2.1. Asfaltın Üretilmesi

Ham petrolün damıtılması sonucuyla elde edilmiştir. Petrol içerisinde uçucu ve uçucu olmayan maddelerle beraber asfaltta bulunmaktadır. Ham petrol kuyulardan çıkarılmasından sonra rafineye getirilerek petrol tanklara boşaltılır. Buradan ısıtma kulelerine gönderilen ham petrol sıcaklığı yükseltilerek damıtma kulelerine gönderilirler. Az uçucu özelliğe sahip olan kısımlar damıtma

kulelerinin üst tarafından çıkartılır ve soğutucularda yoğunlaşarak ayrılırlar. Çıkan bu ilk maddeler hafif ürünleri oluşturulmaktadır. Aynı şekilde uçuculuk oranlarına göre orta ve ağır ürünler elde edilirler. Kalıntı malzemeler ise damıtma kulelerinin dip kısmında birikmektedirler.

2.2.2. Üretilen Asfalta Uygulanan Deneyler

2.2.2.1. Penetrasyon Deneyi

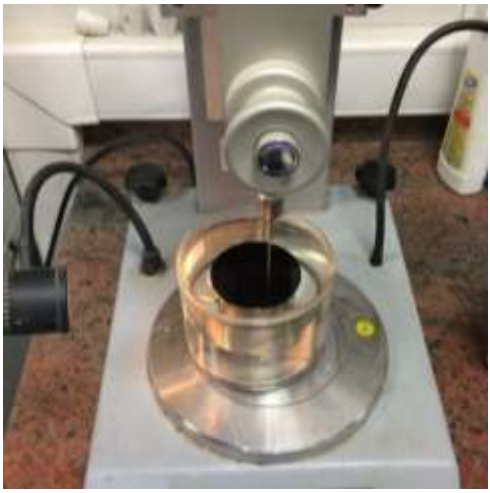
Penetrasyon değeri, standart bir iğnenin bir yük altında ve belirli bir süre içinde bitüm numunesi içerisine dikey olarak batma mesafesidir. Penetrasyon deneyi TS EN standardı baz alınarak yapılmaktadır.

Deneyin sırasında sıcaklık sabit tutulmuştur. Standart olarak ağırlık 100 gr, sıcaklık 25°C ve zaman 5 saniye olarak alınmıştır. Penetrasyon değeri kıvamlılıkla ters orantılı olup penetrasyon yükseldikçe bitüm yumuşamaktadır.

Isıtılan bitüm etüv içerisine aşırı ısıtılmadan kolayca dökülebileceği kıvama gelen sıcaklığa kadar ısıtılmıştır. Numune kabının içine hafif taşıcak oranda boşaltılmıştır. Numune etüvden çıkarılarak homojen hale gelip hava kabarcıkları yok oluncaya kadar karıştırılmıştır.

Bitümün havasını almak amacıyla penetrasyon kabının yüzeyin kısık bir ateş gezdirerek ve penetrasyon kabı etrafına hafif bir şekilde vurularak hava kabarcıkları giderilmiştir. Bitümün tozdan korunması için üzeri kapatılarak oda sıcaklığında 1-1,5 saat bekletilmiştir. Soğutulan bitüm 1-1,5 saat süreyle 25°C sıcaklığa sahip su banyosunda bekletilmiştir.

Numune kabı su banyosundan alınarak, penetrasyon cihazına içerisine yerleştirilmiştir. Penetrasyon iğnesi bitümün yüzeyine denk gelecek şekilde, iğne ucu ile su içindeki görüntüsü ile birleştiği ana kadar indirilerek sıfırlanmıştır. İğnenin 5 saniye batması beklenmiş ve süre sonunda penetrasyon değeri göstergeden okunmuştur. Okunan değer iğnenin numuneye batma miktarını göstermektedir. Penetrasyon değeri kıvamla ters orantılı olmakla beraber penetrasyon değerinin yükselmesi bitümün yumuşamasını gösterir.



Şekil 3. Penetrasyon Deneyi

2.2.2.2. Parlama Noktası Deneyi

TSE EN ISO 2592 standardı baz alınarak yapılmıştır. Parlama noktası ısınma sonucu oluşan bitüm buharının alev ile temas ettiği anda geçici olarak parladığı, fakat yanmaya başlamadığı en düşük sıcaklıktır.

Parlama noktası deneyi, Cleveland açık kapı ve Tagliabue kapalı kabı ile yapılan bir deneydir. Parlama noktası deneyi, bitümlü bağlayıcının uygulama esnasında ısıtıldığında oluşabilecek herhangi bir tutuşma ve alev alma riskini bilmek açısından önemlidir.

Etüvde ışıtılmış 50/70 bitüm parlama kabına doldurularak, oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. 25°C' ye düşmüş olan sıcaklıkta numune kabı parlama noktası tayin cihazı üzerine konulmuş ve ısıtılmaya başlanmıştır. Termometre numune kabının içine yerleştirilmiş ve deney alevciği ateşlenmiştir. Belirli sıcaklığa ulaşınca (3°C) 2 de pas geçişi yapılarak parlama yakalandığındaki sıcaklık kaydedilmiştir.

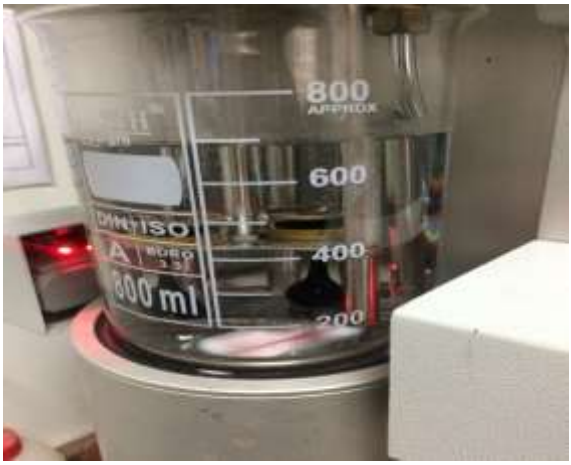
Şekil 4. Parlama noktası deneyi

2.2.2.3. Yumuşama Noktası

Yumuşama noktası bitüm numunesinin tespit edilmiş deney şartları altında özel bir yumuşaklık değerine eriştiği andaki sıcaklığa denilmektedir (TS EN 1427, 2008). Yumuşama noktası deneyi TS EN 1427 standardına göre yapılmıştır.

Bitüm numunesi etüv içerisinde, dökülebileceği sıcaklığa kadar ve yüksek ısınmaya ulaşmayacak şekilde ısıtılmıştır. Isıtılan numune etüvden çıkarılarak homojen hale gelip hava kabarcıkları yok oluncaya kadar karıştırılmıştır. Numunenin havasının alınması amacıyla penetrasyon kabının yüzeyinde kısık bir ateş gezdirilmiş ve penetrasyon kabı etrafına hafif bir şekilde vurularak hava kabarcıkları yok edilmiştir. Halkalar düz bir yüzey üzerine bir miktar sabun yayıldıktan sonra bu yüzeye bırakılmıştır.

Numune, kalıp içerisine kalıbın üst seviyesini aşacak fakat kabı taşırmayacağı şekilde kalıp içerisine dökülerek yaklaşık 1 saat soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan bitüm numunesi halka üzerinde kalan bitümün fazlalığı ısıtılan spatula yardımıyla düzeltilmiştir. İçerisinde 5°C sıcaklığa sahip su bulunan beher içerisine halkalar yerleştirilmiş ve 15 dakika boyunca suyun sıcaklığı değişmeyecek şekilde beklenmiştir. Bu süre sonunda bilye halka üzerine yerleştirilmiştir. 3 dakika sonunda ısı dakikada 5°C arttırılmıştır. Bilyenin banyo tabanına değdiği andaki sıcaklık yumuşama noktası sıcaklığı olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. Yumuşama noktası deneyi

2.2.2.4. Elastik Geri Dönme Deneyi

Deney TS EN 13398 standardı baz alınarak yapılmıştır. Deneyde düktilite aleti kullanılarak istenilen sıcaklıkta (25 ^{0}C) bitümün elastik geri dönmesi geri dönen elastik deformasyon belirlenmektedir (TS EN 13398, 2005).

Modifiye edilen bitüm üzerinde gerçekleştirilen bu deneyde deney kaplarına sıcak olarak dökülen bitüm ortam sıcaklığında 2-3 saat bekletilmiştir. Bekletme işleminden sonra kalıp üzerinde ki fazla bitüm spatula yardımı ile sıyrılmıştır. Daha sonra düktilite cihazında 25 0C suda yarım saat bekletilmiştir. Bu bekletilmeden sonra deneye başlanmıştır. Deney numunesi düktilite cihaz üzerinde bulunan metrajdan 20 cm gelince bitüm tam ortadan kesilmiştir. Bu kesilme işleminden sonra modifiye edilmiş bitüm geri dönmeye başlamış ve bu işlemin tamamlanması için 30 dk beklenmiştir. 30 dk sonunda bir cetvel yardımı ile bitümün her iki tarafı ölçülmüş ve aradaki mesafe bulunmuştur.

Şekil 6. Elastik Geri Dönme Deneyi

2.2.2.5. Bitüm Özgül Ağırlık Deneyi

Bitümlü maddelerin özgül ağırlığı, bu maddelerin 25 °C de bilinen hacmi ve bilenen miktarının ağırlığının, aynı sıcaklıkta ve aynı hacimdeki suyun ağırlığına bölünmesi sonucu elde edilen oran olarak tanımlanmaktadır.

Özgül ağırlık tayininden önce piknometre temizlenip kurutulmuş ve kapağı ile birlikte, 1 mg'a duyarlı terazide tartılmıştır (a). Ardından piknometre saf su ile doldurulup kapağı sıkıca kapatılmış ve 25 °C lık su banyosunda en az 40 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda banyodan çıkarılan kabın dışı temiz ve kuru bir bezle silinerek iyice kurutulduktan sonra tartılmıştır (b). Daha sonra numune 25 °C sıcaklığa getirilip piknometre ağzına kadar doldurulmuştur. Piknometre içine hava kabarcıklarının girmemesi için kapak sıkıca kapatılmış sıvının fazlası kapak üzerindeki delikten dışarı taşırılmıştır. Taşan kısım temiz ve kuru bir bezle silinmiş ve tartılmıştır (c). Maddenin özgül ağırlığı aşağıdaki formülden hesaplanır.

Özgül ağırlık = c-a (b-a)

Şekil 6. Bitüm özgül ağırlık deneyi

2.2.2.6. Depolama Stabilitesi

TS EN 13399 standardına göre yapılmıştır. Isıtılan modifiye bitüm depolama tüpüne bir miktar taşacak şekilde dökülmüştür. Modifiye bitüm 72 saat boyunca 185°C sıcaklığa sahip mezür içerisinde bekletilmiştir. Etüvden alınan malzeme soğutulup 2'ye bölünür. Bu süre sonunda alt ve üst kısmından örnekler alınmış ve yumuşama noktası ve penetrasyon deneyleri arasındaki farka bakılmıştır.

2.2.2.7. RTFOT (Dönmeli İnce Film Etüvü Testi)

TS EN 14769 standardına göre yapılmıştır. Deneye cihaz çalıştırılarak bar seviyesini 9 bara ve sıcaklığını 163°C ye getirilmesiyle başlanmıştır. Cihaz 163°C ye geldiği zaman orijinal bitümü 8 adet tüpe 30-35 gr arası olacak şekilde hassas tartım yapılarak doldurulmuştur. Bitüm doldurulduktan sonra 2 adet tüp numaralandırılarak hassas tartım ile 35 gr bitüm doldurulmuş 8 adet şişeyi tüp taşıyıcı üzerine yatay yerleştirilmiştir. Döndürme işlemiyle soğumaya bırakılmıştır. Dönme yapılırken şişelere, akışı olacak şekilde hava deney aletinin tabanında bulunan bir hava üfleyici yardımıyla hava verilmiştir. Deney sonunda numara verilen tüpler çıkartılarak tartılmıştır. Çıkan sonuç yaşlandırma sonrası kayıp miktarı % olarak bulunmuştur. Geri kalan 6 tüpü yumuşama noktası ve penetrasyon numuneleri hazırlanarak içerisine dökülmüştür. Tüpte kalan bitüme PAV deneyi için numuneleri 50 gr olacak şekilde kaplara boşaltılmaktadır.

Şekil 7. Dönmeli İnce Film Etüvü Testi

2.2.2.8. Basınçla Yaşlandırma Deneyi (P.A.V)

Deney TS EN 14770 standardı baz alınarak yapılmıştır. Deneyde, RTFOT deneyinden çıkan numuneler her birine 50 gr olacak şekilde numune kaplarına konulmuştur. Numune kapları 10 adet numune kabı alabilen raflı numune taşıyıcıya yerleştirilmiştir. Sonra basınçlı yaşlandırma kabına alınarak 2,4 MPa basınç altında 100°C'de 20 saat süre ile yaşlandırılmıştır. Cihazı çalıştırıp çelik rafı cihaza yerleştirilmiş, istenilen sıcaklığa gelene kadar (100°C) ısıtılmıştır. Çelik raf çıkartılıp deney numuneleri yerleştirilmiş, çelik raf numune dolu kaplar ile dolmasa dahi boş kaplar ile tam dolu hale getirilmiştir. Kuru hava tüpündeki bar seviyesi 24 bar olarak ayarlanıp, kapak üzerindeki civatalar karşılıklı sıkılarak kapatılmıştır. Cihaz 100°C ye geldiği zaman deney başlatılmıştır. 20 saatlik yaşlandırma sonunda PAVDAN çıkan numune vakum kabına alınmıştır. Numune dolu kap vakum cihazına uygun şekilde yerleştirilmiş 15 dakika 170 °C de vakumlama işlemine tabi tutulmuştur. İçindeki azot gazı alınan numuneyi BBR Kiriş Eğilme reometrisi kalınbına 3 numune olacak şekilde dökülmüştür.

Şekil 8. Basınçla Yaşlandırma Deneyi

2.2.2.9. Kiriş Eğme Reometresi Deneyi (BBR)

TS EN 14771 standardı baz alınarak yapılan BBR deneyi, bitümün düşük sıcaklıklardaki davranışını belirlemek amacıyla yapılmaktadır. PAV ve vakum işlemi uygulanmış sıcak numuneden daha önceden hazırlanmış kalıba üzeri çok az taşma olacak şekilde doldurulmuştur. Farklı sıcaklıklara tabi tutulacağı için 3 tane numune hazırlanmıştır. Numuneler oda sıcaklığına gelene kadar soğumaya bırakılmıştır. Oda sıcaklığına gelen numuneler üzeri ısıtılan spatula yardımı ile fazlalığı alınmıştır. Cihaz açılarak bar seviyesi 3,5-4 bar olarak ayarlanmıştır. Bilgisayarda mevcut olan BBR programı çalıştırılmış, sıcaklığı -6°C, -12°C, -18°C olarak ayarlanmıştır. Belirli boyutlarda hazırlanan bitüm kirişi numunesine bilgisayar kontrollü olarak 4 dakika boyunca sabit yük uygulanarak zaman-defermasyon ile zaman-sürtünme sertliği garfikleri çizilmiştir. Deney, bitümün termal çatlak oluşumuna karşı direncini ölçmeye yönelik olduğundan negatif sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Deney şartname aralığı tutana kadar ısı düşürülerek devam edilmiş, şartname aralığına gelen değerdeki sıcaklık deney sonucu olarak kayıt edilmiştir.

Şekil 9. Kiriş Eğme Reometresi Deneyi

2.2.2.10. Dinamik Kesme Reometrisi (DSR)

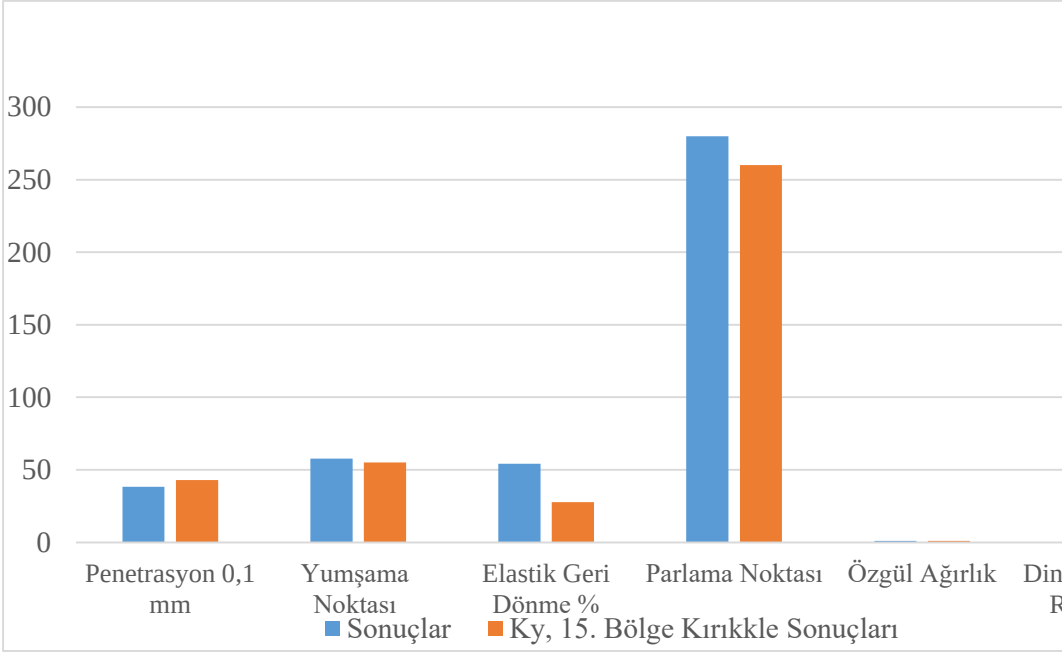
Deney TS EN 14770 standardına göre yapılmıştır. Dinamik Kesme Reometresi ile bitümlü bağlayıcıların zamana bağlı orta ve yüksek sıcaklıklarda reolojik özellikleri (kompleks kesme modülü ve faz açısı) belirlenmektedir.

Numune uygulanan salınımlı kesme kuvvetinin frekansı saniyede 10 radyan (1,59 hz) olup, bu yaklaşık 90 km/saat hızdaki trafik altında meydana gelen deformasyonları temsil etmektedir. Deney cihazı çalıştırıp bar seviyesi 4,5 bar olarak ayarlanmıştır. Bilgisayardan DSR programı açılmış, su banyosunu açıp deney numunesi yerleştirilecek kısmın su seviyesi ayarlanmıştır. Bitüm sınıfına göre RTFO'da önce veya sonra seçeneğini seçilerek 64°C,70°C,76°C,82°C de yapılacak sıcaklık seçilip deney başlatılmıştır. Deney başlatıldıktan 40-60 dakika sonra yenileme sıcaklığı bulunup kaydedilmiştir.

Şekil 10. Dinamik kesme reometrisi deneyi

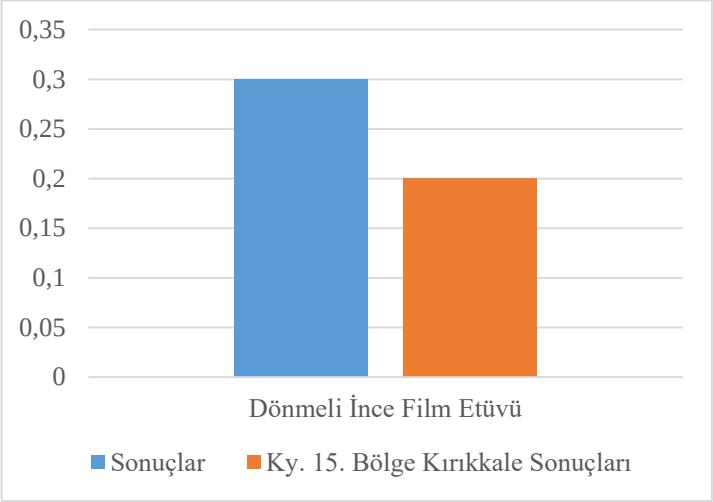
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Kauçuk katkı malzemesi ile elde edilen modifiye bitüm ile yapılan deneyler sonucunda penetrasyon oranı 38.2 mm iken Karayolları 15. Bölge Kırıkkale!'de 43 mm sonucuna ulaşılmıştır. Yumuşama noktası bizim çalışmamızda 57.8 derece iken Kırıkkale sonuçlarında 55 derece bulunmuştur. Elastik geri dönme % 54.2 iken Kırıkkale sonuçlarında % 27.8 oranına ulaşılmıştır. Parlama noktası 280 derece iken Kırıkkale sonuçlarında 260 derece bulunmuştur. Özgül ağırlık bizim çalışmamızda 1.029 iken 15. Bölge Kırıkkale sonuçlarında ise 1.038 oranına ulaşılmıştır. Bitüm asfaltın kauçuk katkı maddesi ile yapılan dinamik kesme reometresi deneyi 78.5 iken Kırıkkale sonuçları 75.9 bulunmuştur. Her iki çalışma karayolları şartnamesine uygun olarak sonuçlanmıştır.



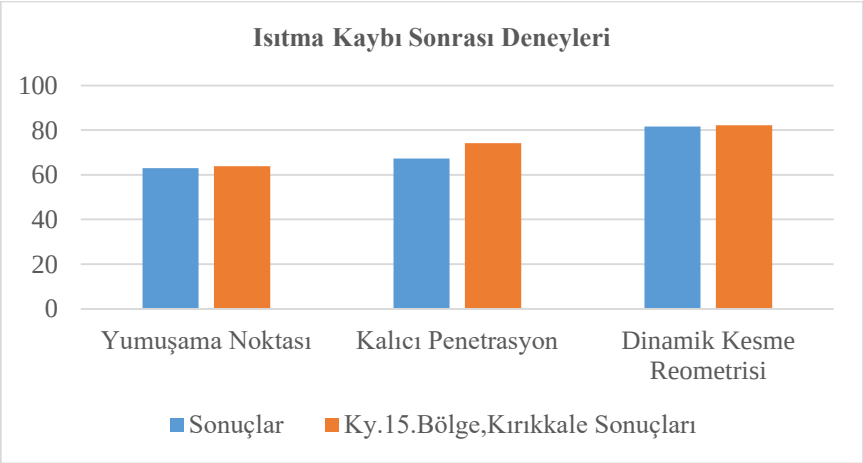
Şekil 11. Modifiye Edilmiş Bitüm Sonuçları

Dönme ince fil etüvü grafiğinde yaptığımız deney sonuçları ile Karayolları 15. Bölge Kırıkkale sonuçları oranları sırasıyla 0,3 oranı bulunmuş ve 0,2 oranında belirtilmiştir.



Şekil 12. Dönmeli ince fil etüvü grafiği

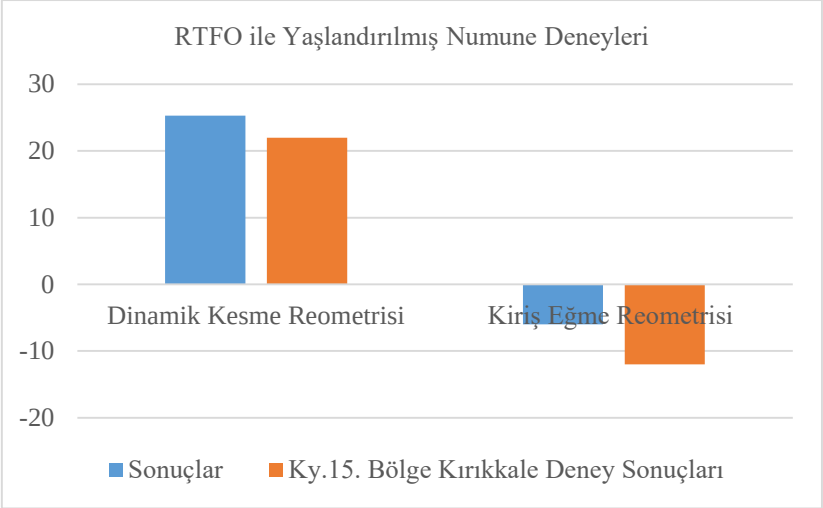
Aşağıdaki grafikte yumuşama noktası sonuçlarında bizim çalışmamızda 63 bulunurken Kırıkkale sonuçlarında 63.8 bulunmuştur. Kalıcı penetrasyon oranı 67.3 iken Kırıkkale sonucunda 74.2' dir. Dinamik kesme reometresi oranları her iki deneyde de birbirine çok yakın bulunarak; sırasıyla 81.6 ile 82.2 bulunmuştur.



Şekil 13. Isıtma kaybı sonrası deneylerinin sonuçları

RTFO ile yaşlandırılmış numune deneylerinde dinamik kesme reometresi bizim deney sonucumuzda 25.3 iken Kırıkkale deney sonuçlarında 22 oranında

bulunmuştur. Kiriş eğme reometresi sonucu -6 oranı ve Kırıkkale sonucu -12 oranında bulunmuştur.



Şekil 14. RTFO ile yaşlandırılmış numune deney sonuç grafiği

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bitüm içerisine %8 oranında kauçuk katkı malzemesi ilave edilerek modifiye bitüm asfalt elde edilmiştir. Çalışma sonucunda;

- ✓ Kauçuk modifiye asfalt betonunun, trafik yükünün neden olduğu titreşimleri azalttığı ve döngüsel zorlanmadan kaynaklanan hasarın azaldığı sonucuna varılmıştır.
- ✓ Modifiye edilmiş bitüm kullanımı, uzun ömürlülük sağlar ve kaldırımların sürdürülebilirliğini artırarak, tüm ömür boyu maliyet avantajlarını sağlar.
- ✓ Uzun süreli bir performans değerlendirmesine ihitiyaç vardır.
- ✓ Kauçuk modifiye bitümün/asfalt polimer katkılara iyi bir alternatif sunmaktadır.
- ✓ Hem düşük sıcaklık hem de yüksek sıcaklık performansının iyi olması en önemli avantajıdır.
- ✓ Karışım dizaynı mutlaka katkılı olmalıdır.
- ✓ Isısını uzun süre muhafaza etmesi nedeniyle, bilhassa çalışma sezonunun az, rüzgârlı mevsimlerde avantaj sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

He, R., Wu, S., Wang, X., Wang, Z., & Chen, H. (2018). Temperature Sensitivity Characteristics of SBS/CRP-Modified Bitumen after Different Aging Processes. *Materials, 11(11),* 21-36.

Torun, S. (2015). *Bitümlü sıcak karışımlarda katkı maddesi olarak Pr Plast S kullanımının araştırılması.* Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Şengöz, B., Ağar, E. (2005). Asfalt film kalınlığının bitümlü karışımların yaşlanmasına etkisi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 4(1),* 71-82.

Türk Dil Kurumu, (2018) Asfalt Nedir?'http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_yanlis&view='

Büyüksaraçoğlu, Y. (2009). Asfalt yol inşaatının tedarik zincirinin simülasyon tabanlı modellenmesi. Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Erginer, İ. (2018). Modifiye Bitümlü Karışımların MARSHALL Stabilite Değerlerinin Yapay Sinir Ağı ile Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, *İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay.

Zhang, X., Zhang, B., Chen, H., & Kuang, D. (2018). Feasibility evaluation of preparing asphalt mixture with low-grade aggregate, rubber asphalt and desulphurization gypsum residues. *Materials, 11(8),* 1481.

Chen, M., Javilla, B., Hong, W., Pan, C., Riara, M., Mo, L., & Guo, M. (2019). Rheological and ınteraction analysis of asphalt binder, mastic and mortar. *Materials, 12(1),* 128.

TS EN 12591, (2011). Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar-Kaplama sınıfı bitümler-Özellikler, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

İmamoğlu, C. T. (2012). Atık lastik katkılı asfalt kaplamaların trafik gürültü sönümlemesindeki etkileri. Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

TS EN 1426, 2008. Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar-İğne batma derinliği tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

TS EN ISO 2592, 2006. Petrol ürünleri-Parlama ve yanma noktası tayini-Cleveland açık kap metodu, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

TS EN 1427, 2008. Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar-Yumuşama noktası tayini-Halka ve bilye yöntemi, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

TS EN 13398, 2005. Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar - İşlem görmüş bitümlerin elâstikliğinin tayini, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

TS EN 13399, 2010. Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar - Modifiye bitümün depolanma kararlılığının tayini, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

TS EN 14769, 2006. Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar - Basınçlı yaşlandırma kabı (pav) ile hızlandırılmış uzun süreli yaşlandırma işlemi, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

TS EN 14770, 2006. Bitümlü Bağlayıcılarda DSR Aleti İle Kompleks Kesme Modülü ve Faz Açısının Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

TS EN 14771, 2005. Bitümlü Bağlayıcıların BBR Aleti İle Eğilme-Sünme Rijitliğinin Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM ASFALTTA FİLLER OLARAK KİRECİN KULLANIMI

Eray Sözen*

**Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Samsun, Türkiye*

Email: eraysozen@hotmail.com

Doç. Dr. Ufuk Kırbaş**

***Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Samsun, Türkiye*

Email: ufuk.kirbas@omu.edu.tr

Özet: Esnek üstyapı tabakalarında meydana gelen kalıcı deformasyonlar, yorulma çatlakları, düşük ısı çatlakları, su etkisiyle asfaltın soyulması ve düşük durabilite gibi temel kusurlar, başta ülke ekonomisine olmak üzere olumsuz etkileri gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde kullanılmakta olan asfaltların özellikleri değiştirilerek asfalt bağlayıcı veya karışımların performansı artırılmaya çalışılmaktadır. Asfaltların iyileştirilmesi işlemi performansı artırmak için belirli şartlarda ve oranlarda bitüm içerisine ya da asfalt plentinde bitüm bağlayıcılı karışım içerisine katılarak yapılmaktadır. Bu çalışmada, bitüm bağlayıcılı sıcak karışım asfaltlarda filler yerine kireç kullanımının etkileri araştırılmıştır. Öncelikle konuyu aydınlatmak amacıyla detaylı literatür taraması yapılmış, bu konudaki çalışmalar gruplandırılarak özetlenmiştir. Sonrasında, Samsun ili Kavak ilçesinde üretilen bir kireç aşınma tabakasına katılarak performans değişimleri incelenmiştir. Bu bağlamda, agrega ve bitüm türüne bağlı olarak optimum bitüm muhtevasını belirlemek amacıyla Marshall tasarım yöntemine göre değerlendirme yapılmıştır. Optimum bitüm muhtevası agreganın ağırlıkça %4.80'i olduğu tespiti ile filler yüzdesinin kireçsiz, %0.5, %1, %1.5 ve %2 oranında azaltılıp aynı oranlarda kireç katarak her bir oranda üç adet olmak kaydıyla 15 adet numune üretilmiştir. Söz konusu numunelerde Marshall stabilite ve akma değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak Samsun'da üretilen kirecin karışıma farklı oranlarda katılmasıyla asfalt performansına etkisi değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kireç, Sıcak Asfalt Karışım, Kireç, Stabilite

Giriş

Esnek üstyapı, sürücüler için gerekli sürüş konforunu ve emniyeti sağlayan, trafik yükünden meydana gelen gerilmelere karşı yeterli dayanıma sahip olacak şekilde projelendirilen çok katmanlı yapılardır. Üstyapıyı oluşturan her bir

tabakanın kalınlıkları ve işlevleri birbirinden farklıdır. Tabaka tipi ve kalınlığı o yoldaki trafik hacmine, zemin taşıma gücüne, çevresel faktörlere, kullanılan her bir malzemenin özelliklerine bağlı olarak belirlenir. (Tunç, 2004) Genel olarak üstyapıya ait olan yol katmanları aşağıdaki şekilde görülmektedir.

Aşınma Tabakası
Binder
Temel / Bitümlü Temel
Alt Temel
Üstyapı Tabanı
Zemin

Şekil 1.1. Genel olarak üstyapıya ait yol katmanları

Yol kaplamasını oluşturan tabakaları yukarıdan aşağıya doğru gidildikçe:

- Kalınlıkları artar.
- Kaliteleri ve maliyetleri azalır.
- Yapım tekniği kolaylaşır.
- Yapım hızı artar.

Kaplama tipi ve kalınlıklarını etkileyen faktörler Çizelge 1.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Kaplama tipi ve kalınlığına etki eden faktörler (Tunç, 2004)

ANA FAKTÖRLER	ANA FAKTÖRLERE BAĞLI DEĞİŞKENLER
TRAFİK ETKİLERİ	• Trafik hacmi, kompozisyonu (taşıt ağırlıklarına göre dağılımı), artış trendi, gelecekte beklenen trafik hacmi vb. • Dingil yükü ve tekerrür yükü • Dingil sayısı veya teker geometrisi • Lastik basıncı miktarı ve temas alanı • Standart yükü tekerrür sayısı • Yükleme hızı
İKLİM ve ÇEVRE ETKİLERİ	• Günsel ve mevsimsel ısı değişimleri, yağış miktarı, don derinliği • Maksimum ve minimum ısı • Drenaj şartları, uzun dönem oturmalar • Zeminin don kabarması, şişme, donma-çözünme periyotları • Zeminin taşıma gücündeki değişimler

Çizelge 1.1. Kaplama tipi ve kalınlığına etki eden faktörler (devamı)

MALZEME	• Kullanılan malzemelerin (agrega, asfalt, çimento vb.) fiziksel özellikleri • Kaplama tabakalarının yük dağıtma kabiliyetleri, deformasyon direnci, mukavemeti vb. mekanik özellikleri • Malzeme karakteristiklerinin zamanla değişimi, aşınma direnci, durabilite vb. özellikleri • Kaplama tabakalarının yorulma mukavemeti
YAPIM ve BAKIM ŞARTLARI	• Kaplama tasarımı (taban kalınlıkları ve cinsi) • Yapım kalitesi ve kalite kontrol seviyesi • Bakım-onarım periyotları ve kalitesi • Trafik yüklerinin kontrolü ve kısıtlanması

Kullanıma açılan bir yolda trafik, iklim ve çevre, yapım ve tasarım hataları ile kullanılan malzemedeki hataların etkisi ile zamanla deformasyonlar,ayrışmalar ve çatlamalar olarak sınıflandırılabilecek temel kusurlar meydana gelmektedir.

Deformasyonlar, kaplama imalatından bir süre sonra görülen yapısal bozukluklardır. Bu kusurlar kalıcı deformasyonlar şeklinde olup yol ekseni boyunca veya belirli kesimlerde yolun tüm kesiti veya belirli kısımlarda bölgesel olarak görülebilir. Kaplamanın hizmet seviyesini düşürüp, sürücüler için konfor ve emniyet açısından büyük sıkıntılar yaratabileceğinden, bölgesel tamir - onarım ya da takviye tabakası yapılarak giderilmelidir. (Tunç, 2004)

Ayrışmalar, aşınma tabakasının trafik ve iklim etkisinden dolayı küçük parçalar halinde ayrışması sonucu kopma ve parçalanma şeklinde görülür ve aşınma tabakasından agregaların koparak ayrılmasından kaynaklanır. Genel olarak, yapım hataları, düşük kaliteli malzeme kullanımı, serim sırasında meydana gelen segregasyonlar, homojen olmayan karışım ve kompaksiyon, yetersiz veya yüksek penetrasyonlu asfalt gibi nedenlerden meydana gelebilir. Başlangıçta önlenmediği zaman gitgide alan ve derinlik olarak artış göstererek kaplamanın yeniden yapılmasını zorunlu hale getirir. (Tunç, 2004)

Çatlaklar, kaplama yüzeyinde trafik, çevre ve etkisi ile çok çeşitli şekilde, genişlikte ve derinlikte oluşan kusurlardır. Stabilite, yorulma ve yansıma çatlakları olarak sınıflandırılırlar. Bu çatlaklar genel olarak trafik yüklerinden dolayı meydana gelir. Esnek kaplamalarda oluşan çatlaklar daha ziyade yorulma çatlaklarıdır. Stabilite çatlakları kaplamanın sahip olduğu düşük stabiliteden kaynaklandığı için önlenebilmesi mümkün iken trafik hacminin yüksek olduğu yollarda yorulma çatlakları kaçınılmazdır. Yüzeydeki çatlaklardan hava ve suyun kaplama içine nüfus etmesi sonucu bitümün sertleşmesi, diğer kusurların oluşmasına ve/veya hızlanmasına neden olduğundan dolayı çatlakların varlığı çok sakıncalıdır. (Tunç, 2004)

Bu kusurların en aza indirgenmesi için geleneksel asfaltların özellikleri modifiye edilerek bağlayıcının veya karışımın performansı artırılmaya çalışılmaktadır. Modifikasyon işlemleri gerekli katkıların belirli oranlarda ve durumlarda direkt olarak bağlayıcıya veya karışım plentinde karışım içine katılmak suretiyle gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda birçok katkı malzemesi oluşturulmuş ve günümüzde de bu çalışmalar devam etmektedir. En yaygın kullanımı olan katkı malzemeleri Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Modifiye asfalt için katkı malzemeleri (Tunç, 2004)

KATKI TİPİ	AMAÇ
Sülfür	İşlenebilirliği, deformasyon direncini ve stabiliteyi artırmak
Kauçuk	Viskozluğu artırmak
Termoplastik Polimerler	Deformasyon direncini ve işlenebilirliği iyileştirmek, viskozluğu artırmak
Termoplastik Kauçuklar	Deformasyon direncini ve yorulma mukavemetini iyileştirmek, elastikliği ve adezyonu artırmak
Organo-Manganez Bileşikler	Mukavemeti artırmak, karışımın ısıya karşı duyarlılığını ve fiziksel özellikleri artırmak
Doğal Asfaltlar(Göl veya kaya asfaltları)	Isıya duyarlılığı düzeltmek, aşınma direncini artırmak
Epoksi reçinesi	Deformasyon direncini ve yakıt hasarlarına karşı direnci artırmak
Katran	Aşınma direncini ve yakıt hasarlarına karşı direnci artırmak
Gilsonit	Teker izi deformasyon direncini artırmak
Siyah Karbon	Asfaltın dayanımını ve karışımın deformasyon direncini artırmak
Filler	Rijitliği artırmak, yumuşama noktasını artırmak
Elyaflar	Çatlama direncini artırmak
APP ve EVA	Rijitlik, penetrasyon vb. özellikleri iyileştirmek

Çizelge 1.2. Modifiye asfalt için katkı malzemeleri (devamı)

SBS	Penetrasyon, düşük ısı çatlakları, elastikiyet vb. özellikleri iyileştirmek
Çözücüler	Viskoziteyi azaltmak
Yağ	Bağlayıcılığı artırmak, penetrasyon ve yumuşama noktasını düşürmek

Stabiliteyi artırmak için bu zamana kadar çeşitli çalışmalar olmuştur. Bunlardan bir tanesi ile sönmüş kireç katkısı ile stabiliteyi artırmak olmuştur. Genel olarak bu çalışmalara göz atıldığında;

Ağırlıkça %2.5 oranında kireç katıldığında, kireçsize göre stabilitenin %40 oranında arttığı ve hava boşluğunun %17 oranında azaldığı, sönmüş kireç ilavesinin koşullu ve koşulsuz numunelerde çekme dayanımını %72 oranından %81 oranına çıkardığı ve bunun da nem direncini artırdığı gözlemlenmiştir. (Mohan & Obaid, 2014) %10 oranında filler ve bu fillerin çıkartılarak yerine aynı oranda kireç katılarak oluşturulan kireçsiz ve kireç katkılı numunelerde stabilite ve akma değerleri gözlemlenmiştir. Kireç katkılı numunelerde gözlenen akma ve stabilite değerleri, kireçsiz numuneye göre fazla çıkmıştır. Aynı zamanda sönmüş kireç bitüm yaşlanmasını azaltmış ve bu da stabilite konusunda uzun süre etkili olacaktır. (Ogundipe, 2016) Agrega ağırlığının %1, %1.5 ve %2 oranlarında kireç katılan numunelerde, kireç katkısız numunelere göre yorulma ömrünü artırdığı gözlemlenmiştir. %1 ve %1.5 oranlarında katılan kireç katkısı, yorulma ömrünü %25 ve %50 artırdığı ancak %2 oranında kireç katkısının yorulma ömrünü %40 oranında azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir. (Rasouli, Kavussi, Qazizadeh, & Taghikhani, 2018) Polonya, Kielce şehrinde yapılan bir çalışmada ise filler malzeme yerine %30 oranında sönmüş kireç kullanılarak inşa edilen yolda 12 yıllık hizmet ömrü incelendi. Bu süre zarfında yol kaplaması yüzeyinin çok iyi durumda olduğu gözlemlenmiştir. SBS ile modifiye edilen bitümle beraber kireç kullanıldığında suya ve dona karşı gerekli olan direncin fazlasıyla karşılandığı ve 12 yıllık süre boyunca yaşlanma sürecini geciktirdiği gözlemlenmiştir. (Iwański & Mazurek, 2013)

Bu çalışmada ise Samsun ili Kavak ilçesinde üretilen kirecin aşınma tabakasına filler oranının %0.5, %1, %1.5 ve %2 oranlarında azaltılarak yerine aynı oranlarda katılması ile aşınma tabakasındaki performans değişimi incelenmiştir.

Materyal

Çalışma sırasında kullanılan bitüm 50/70 penetrasyonlu olup Samsun'daki Karayolları 7.Bölge Müdürlüğü Bitüm Depo Şefliği'nden temin edilmiş olup bitüme ait özellikler Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Bitüm Özellikleri

ÖZELLİK	SINIR	DEĞER
Penetrasyon		50/70
Yumuşama Noktası		46-54°C
Sertleşmeye Karşı Direnci		
– Kütle değişimi (Isıtmadaki kayıp)	En çok	%0.5
– Kalıcı penetrasyon	En az	%50
– Sertleştirmeden sonra yumuşama noktası	En az	48°C
Parlama Noktası	En az	230 °C
Çözünürlük	En az	99 Ağırlıkça %
Yumuşama Noktası Yükselmesi	En çok	9 °C

Agregalar, Samsun ili Kavak ilçesindeki Emirli Taş Ocağı'ndan temin edilmiş olup alınan agregalara zaman ve şartların yetersizliğinden dolayı sadece tane yoğunluğu ve su emme oranı tayini deneyi yapılmıştır.Agregalara ait özellikler Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Agregaların Özellikleri

Agrega Özellikleri	Deney Yöntemi	Değer
Su Emme Oranı (Kaba)	EN 1097-6	%0.33
Su Emme Oranı (İnce)	EN 1097-6	%0.44
Görünür Tane Yoğunluğu (Kaba)	EN 1097-6	2.720
Görünür Tane Yoğunluğu (İnce)	EN 1097-6	2.695
Görünür Tane Yoğunluğu (Filler)	EN 1097-6	2.726

Kullanılan kireç Samsun ili Kavak ilçesindeki fabrikadan temin edilip, kirece ait bütün özellikler fabrikadan temin edilmiştir. Kirece ait özellikler Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Kirecin Özellikleri

Kimyasal Analiz Değerleri	Değer (%)
$Ca(OH)_2$	Min. 82
Toplam CaO + MgO	Min. 95
MgO	Mak. 1
SO_3	Mak. 1
Fiziksel Analiz Değerleri	**Değer (%)**
200 mik. (Elek üstü)	Mak. 2
90 mik. (Elek üstü)	Mak. 6
Birim Hacim Kütlesi (kg/dm^3)	Mak. 0.6

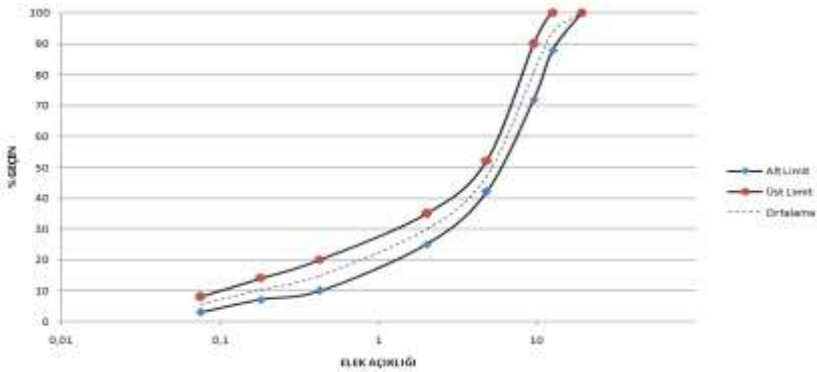
Yöntem

Çalışma boyunca optimum bitüm muhtevası için 24, optimum bitüm muhtevası kullanılarak kireçsiz 3 ve kireç katkılı 12 olmak üzere toplam 39 adet numune üretilip kırılmıştır. Üretilen numunelerin numaralandırılması Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Üretilen numunelerin numaralandırılması

Üretilen Numune	NUMALANDIRILMASI
Marshall Tasarımı	1.1 - 1.2 - 1.3 - 2.1 - 2.2 - 2.3 - 3.1 - 3.2 - 3.3 - 4.1 - 4.2 - 4.3 - 5.1 - 5.2 - 5.3 - 6.1 - 6.2 - 6.3 - 7.1 - 7.2 - 7.3 - 8.1 - 8.2 - 8.3
Kireçli	D1 - D2 - D3 - D4 - D5 - D6 - D7 - D8 - D9 - D10 - D11 - D12
Kireçsiz	KZ1 - KZ2 - KZ3

Agregaya elek analizi yapılmamıştır. Bunun yerine Karayolları Teknik Şartnamesinde yer alan aşınma tabakası elek analizi alt ve üst limit değerlerinin ortalaması alınarak agrega gradasyonu belirlenmiştir. Oluşturulan bütün deneylerde bu gradasyon kullanılmıştır. Agrega tane boyut dağılımı ve şartname limitleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Agrega tane boyut dağılım eğrisi ve şartname limitleri

Marshall tasarımına göre hazırlanan briketler aşağıdaki sıralamaya göre oluşturulmuştur.

1. Bitüm yüzdeleri karışımın ağırlığınca %3, %3.5, %4, %4.5, %5, %5.5, %6 ve %6.5 olacak şekilde belirlendi.
2. Belirlenen agrega gradasyonuna göre, her bir bitüm yüzdesi için 3 adet olacak şekilde toplam 24 adet numune tartıldı ve önceden 155°C olarak ayarlanmış etüve numuneler yerleştirildi.
3. Kullanılacak bitüm etüve konularak 165°C'ye kadar ısıtıldı.
4. Deney sırasında kullanılacak olan malzemeler de (Marshall kalıpları, kürek, şişleme çubuğu vb.) etüvde 165°C'ye kadar ısıtıldı.
5. Etüvde yeterli sıcaklığa kadar ısıtılmış her bir numune daha önceden ısıtılmış karıştırıcı kazanına boşaltıldı. Homojenlik elde edilene kadar karıştırılan numunelerin ortasına çukur açıldı ve her bir yüzdeye denk gelen bitüm miktarı agrega karışımına boşaltıldı.
6. İyi bir karışım elde etmek ve soğumanın önüne geçmek amacıyla hızlı bir şekilde alttan ısıtmalı mekanik karıştırıcıya alınan karıştırma kabı yeterli karışım elde edilene kadar karıştırıldı.
7. Karıştırılan numune kür edilmesi için yarım saat süreyle tekrardan 165°C'de ki etüve konuldu.
8. Yarım saat sonra ısıtılan numune kalıbına malzeme kaybı yapmadan boşaltılan numune, ısıtılan şişleme çubuğu ile iç kısımlardan 10 kez, kenarlardan 15 kez şişlenerek sıkıca numune kabına yerleştirildi. Otomatik Marshall tokmağına yerleştirilen numunenin her iki yüzeyine 75 darbe vurularak sıkıştırma yapıldı. Kalıptan çıkarmak için bir gün boyunca numune soğumaya bırakıldı.

Ertesi gün soğuyan numuneler kalıptan çıkartılıp yükseklik ölçümü yapıldı. Kumpas yardımıyla her bir briketin rastgele üç yerinden okuma yapılıp bunların ortalaması briketin yüksekliği kabul edilmiştir. Daha sonra havadaki ağırlıkları tartılan numuneler, yarım saat beklemek üzere suya konmuş ve bu sürenin ardından önce suda daha sonra sudan çıkartılıp yüzeyleri kurulanarak doygun yüzey kuru ağırlıkları tartılmıştır. Tartımlar bittikten sonra daha önceden hazırlanan 60 °C'daki su banyosuna yerleştirilen briketler burada kırk dakika

bekletildi. Bu süre sonunda sırayla çıkartılan her bir numune yüzeyi kurulanarak Marshall Stabilite cihazına yerleştirildi ve kırımlar gerçekleştirildi. Cihaz üzerinden okunan stabilite ve akma değerleri forma yazıldı. Deney sonuçları Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

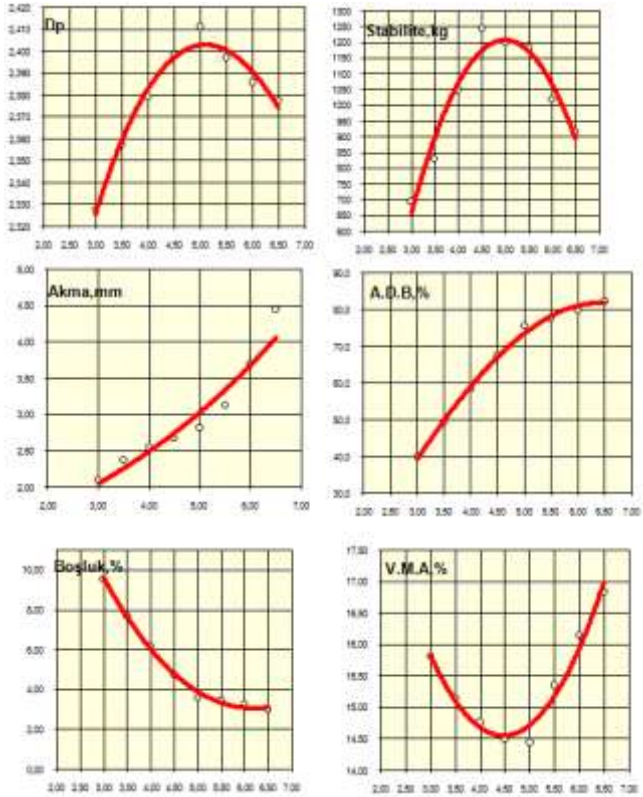
Çizelge 3.2. Marshall tasarımı deney sonuçları

Briket No	W_a (%)	W_b (gr)	D_p (gr/cm^3)	D_t (gr/cm^3)	V_h (%)	VMA (%)	V_f (%)	Akma (mm)	Stabilite
1.1	3.0	33.0	2.322					2.07	658
1.2	3.0	33.0	2.333					2.13	729
1.3	3.0	33.0	2.328					2.10	696
Ortalama			2.327	2.572	9.5	15.81	39.	2.10	694
2.1	3.5	38.5	2.359					2.36	883
2.2	3.5	38.5	2.371					2.38	883
2.3	3.5	38.5	2.342					2.38	727
Ortalama			2.357	2.553	7.6	15.14	49.	2.37	831
3.1	4.0	44.0	2.373					2.59	974
3.2	4.0	44.0	2.382					2.58	107
3.3	4.0	44.0	2.382					2.47	110
Ortalama			2.379	2.535	6.1	14.77	58.	2.55	105
4.1	4.5	49.5	2.404					2.70	117
4.2	4.5	49.5	2.397					2.60	127
4.3	4.5	49.5	2.393					2.70	128
Ortalama			2.398	2.517	4.7	14.50	67.	2.67	124
5.1	5.0	55.0	2.41					2.80	116
5.2	5.0	55.0	2.41					2.87	111
5.3	5.0	55.0	2.41					2.78	131
Ortalama			2.41	2.500	3.55	14.44	75.	2.82	119
6.1	5.5	60.5	2.39					3.02	109
6.2	5.5	60.5	2.39					3.37	129
6.3	5.5	60.5	2.39					3.00	115
Ortalama			2.39	2.483	3.46	15.35	77.	3.13	118

Çizelge 3.2. Marshall tasarımı deney sonuçları (devamı)

7.1	6.0	66.0	2.39					3.31	103
7.2	6.0	66.0	2.38					3.41	938
7.3	6.0	66.0	2.37					4.34	107
Ortalama			2.38	2.466	3.27	16.14	79.	3.69	101
8.1	6.5	71.5	2.37					4.36	989
8.2	6.5	71.5	2.37					4.43	870
8.3	6.5	71.5	2.37					4.55	886
Ortalama			2.37	2.450	2.97	16.83	82.	4.45	915

Çizelge 3.2'de verilen değerler kullanılarak Pratik Özgül Ağırlık-Bitüm, Stabilite-Bitüm, Akma-Bitüm, Asfaltla Dolu Boşluk Yüzdesi-Bitüm, Boşluk Yüzdesi-Bitüm ve Agregalar Arası Boşluk Yüzdesi-Bitüm grafikleri çizilmiş ve Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Optimum bitüm muhtevası için çizilen grafikler

Karayolları Teknik Şartnamesi optimum bitüm muhtevası için %4 ideal hava boşluğuna denk gelen bitüm oranınıdiğer grafiklerde de şartname limitleri için uygun olduğu zamanda kabul etmektedir. Bu çalışma için optimum bitüm muhtevası %4.80 olarak kabul edilmiştir. Bundan sonra üretilen 3 adet kireçsiz ve 12 adet kireçli numunede yukarıda Marshall tasarım yöntemine göre üretilmiştir ve %4.80 bitüm oranı kullanılmıştır.

Sonuçlar

Optimum bitüm muhtevası kullanılarak üretilen 12 adet kireçli numuneye ait deney sonuçları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kireçli numunelerin tartım sonuçları

Briket No	Kireç (gr)	Havadaki Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Doygun Yüzey Kuru Ağırlık (gr)	D_p	D_t	V_h	VMA	V_f
D1	6.0	1252.6	730.5	1253.4	2.3				
D2	6.0	1254.5	732.2	1254.9	2.4				
D3	6.0	1253.1	731.1	1254.3	2.3				
Ortalama					**2.3**	**2.507**	**4.3**	**14.**	**70.3**
D4	12.0	1252.6	728.8	1253.5	2.3				
D5	12.0	1255.0	730.8	1256.1	2.3				
D6	12.0	1253.9	730.3	1254.9	2.3				
Ortalama					**2.3**	**2.507**	**4.7**	**15.**	**68.8**
D7	18.0	1254.7	730.0	1255.9	2.3				
D8	18.0	1256.3	731.0	1257.7	2.3				
D9	18.0	1258.2	734.5	1259.2	2.3				
Ortalama					**2.3**	**2.507**	**4.6**	**15.**	**68.9**
D1	24.0	1255.8	730.7	1257.1	2.3				
D1	24.0	1254.4	731.6	1255.8	2.3				
D1	24.0	1257.9	732.1	1259.1	2.3				
Ortalama					**2.3**	**2.507**	**4.7**	**15.**	**68.7**

Çizelge 4.2. Kireçli numunelerin akma ve stabilite değerleri

Briket No	Ort. Yükseklik (mm)	Stabilite (Düzeltilmemiş, kg)	Düzeltme Faktörü	Stabilite (Düzeltilmiş, kg)	Akma (mm)
D1	63.8	1273	0.992	1263	2.42
D2	63.6	1282	0.996	1277	3.46
D3	63.8	1223	0.992	1213	3.79
Ortalama				**1251**	**3.55**
D4	63.5	1287	0.998	1285	3.50
D5	63.7	1289	0.993	1280	3.60
D6	63.7	1215	0.994	1208	3.30
Ortalama				**1258**	**3.47**
D7	63.6	1301	0.996	1295	3.70
D8	63.9	1283	0.990	1269	3.25
D9	63.9	1375	0.989	1360	4.20
Ortalama				**1308**	**3.72**
D10	64.3	1416	0.981	1389	3.18
D11	64.0	1418	0.986	1398	4.47
D12	64.3	1288	0.981	1263	2.35
Ortalama				**1350**	**3.33**

Üretilen kireçsiz numuneye ait değerler ise Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de verilmiştir.

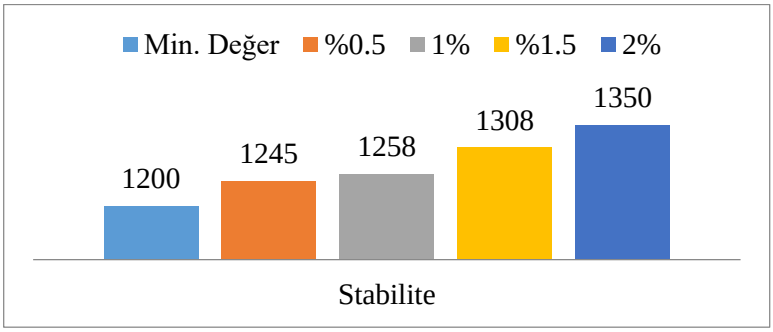
Çizelge 4.3. Kireçsiz numunelerin tartım sonuçları

Briket No	Havadaki Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Doygun Yüzey Kuru Ağırlık (gr)	D_p	D_t	V_h	VMA	V_f
KZ1	1249.9	734.0	1251.4	2.416				
KZ2	1251.1	734.5	1252.0	2.418				
KZ3	1253.0	736.1	1253.7	2.421				
Ortalama				**2.418**	**2.507**	**3.54**	**14.03**	**74.7**

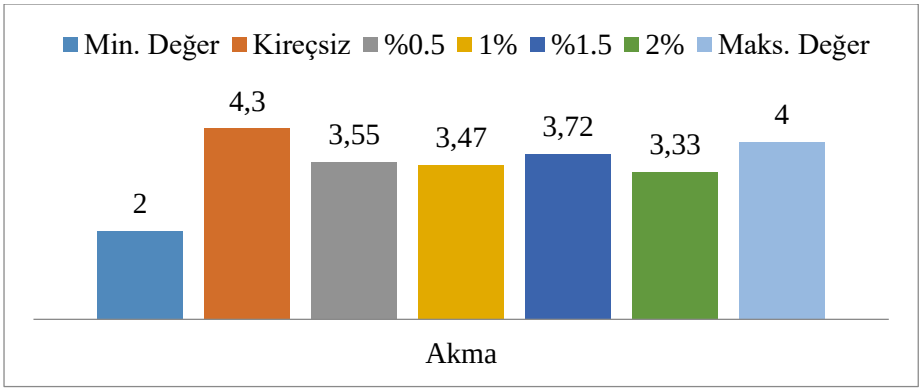
Çizelge 4.4. Kireçsiz numunelerin akma ve stabilite değerleri

Briket No	Ort. Yükseklik (mm)	Stabilite (Düzeltilmemiş, kg)	Düzeltme Faktörü	Stabilite (Düzeltilmiş, kg)	Akma (mm)
KZ1	63.1	1274	1.010	1286	3.58
KZ2	63.3	1210	1.005	1216	5.47
KZ3	63.4	1230	1.002	1233	4.35
Ortalama				**1245**	**4.47**

Sonuçların daha iyi anlaşabilmesi için elde edilen akma ve stabilite değerleri grafik üzerinde karşılaştırılmış ve Şekil 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Elde edilen stabilitelerin karşılaştırılması



Şekil 4.2. Elde edilen akmaların karşılaştırılması

Yukarıda grafikte görüldüğü gibi kireç katılan numunelerin artan kireç yüzdesine göre stabilitelerinin de doğru orantılı şekilde arttığı görülmektedir.

Akma yönünden değerlendirildiğinde ise üniform bir dağılım olmamasına rağmen yol akma değerlerinin düştüğü ve yine aşınma tabakası akma limitleri değerleri arasında kaldığı görülmektedir.

Sonuç olarak Samsun ili Kavak ilçesinde üretilen kirecin yol tabakasında filler malzeme olarak kullanılabileceği gözlemlenmiştir.

Kaynakça

Iwański, M., & Mazurek, G. (2013). Hydrated lime as the anti-aging bitumen agent. *Procedia Engineering* , 424-432.

Mohan, H. M., & Obaid, H. A. (2014). Laboratory examination for the effect of adding hydrated lime on the moisture damage resistance of asphalt concrete mixtures. *Kufa Journal of Engineering* , 1-12.

Ogundipe, O. M. (2016). Marshall stability and flow of lime-modified asphalt concrete . *Transportation Research: Procedia* , 685-693.

Rasouli, A., Kavussi, A., Qazizadeh, M. J., & Taghikhani, A. H. (2018). Evaluating the effect of laboratory aging on fatigue behavior of asphalt mixtures containing hydrated lime. *Construction and Building Materials* , 655-662.

Tunç, A. (2004). *ESNEK KAPLAMA MALZEMELERİ EL KİTABI.* ANKARA: ASİL YAYIN DAĞITIM LTD. ŞTİ.

BORİK ASİTİN ÇİMENTO HAMURUNUN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Çağlar H.[1], Uzunalioğlu H.[2], Çağlar A.[3*]

[1*]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

[2]Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

[3*]Yapı Denetimi Bölümü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

e-mail: arzuyilmaz@kastamonu.edu.tr

Özet

Çimento esaslı malzemeler dünya üzerinde en çok kullanılan yapı malzemeleridir. Çimento, doğal kalker taşları ve kil karışımının yüksek sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra öğütülmesi ile elde edilen hidrolik bir bağlayıcı malzeme olarak tanımlanır (Özyurtkan, 2012). Çimento esaslı malzemelerin en yaygın kullanılan yapı malzemesi olmasının başlıca nedenleri; ekonomik olması, yüksek basınç dayanımına sahip olması, çok düşük olan çekme dayanımının tasarım ve uygulamada çelik donatı ile dengelenebilmesi, yangına dayanıklı olması, şekil verilebilme kolaylığına sahip olması ve istenen her yerde üretilebilir olması olarak sayılabilmektedir (Bentz, 2008). Çimento hamurunun belli katkılarla güçlendirilmesi çalışmaları son 30 yılda hız kazanmıştır (Aktaş, 2014).

Bu çalışmada, bor atığının kullanılarak üretilen çimento harcının mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. 3 aşamada gerçekleştirilen çalışmada, borik asit çimento harcı içerisine sıvı çözelti olarak eklenmiştir. İlk aşamada, referans olarak kullanılacak olan çimento numuneleri üretilmiştir. İkinci aşamada, (%0,5, %1 ve %1,5) borik asit çimento harcına eklenerek katkılı çimento üretimi yapılmıştır. Üçüncü aşama da ise 4x4x16 cm ebatlarında üretilen çimento harcı numunelerinin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için basınç ve eğilmede çekme dayanımı deneyleri uygulanmıştır. Çalışma sonunda; borik asitin çimentonun mekanik özellikleri üzerinde olumlu etkileri olduğu ve basınç dayanımında artış sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Borik asit, çimento, mekanik özellik, basınç dayanımı.

1. GİRİŞ

Çimento sektörü yaklaşık bir yüzyılı aşan bir süredir varlığını korumaktadır. Çimento esasen kalkerli bir malzemeden ve alümina ve silikadan yapılmaktadır. Hammaddelerin öğütülmesi, belirli oranlarda karıştırılması ve bir malzemenin

klinker olarak bilinen toplara karışması ve kısmen klinker olarak bilinen toplara karışması durumunda döner fırında yaklaşık 1450 °C sıcaklığa kadar yakılması suretiyle üretilmektedir. Klinker esas olarak trikalsiyum silikat ($3CaO \cdot SiO_2(C_3S)$, dikalsiyum silikat ($2CaO \cdot SiO_2(C_2S)$), trikalsiyum alüminat ($3CaO \cdot Al_2O_3(C_3A)$, ve tetrakalsiyum alüminaferrittan ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3(C_4AF)$ oluşur. Ayrıca bünyesinde, MgO, K_2O Na_2O TiO_2 ve Mn_2O_3 gibi küçük bileşiklerde bulunmaktadır. Elde edilen ürüne yani klinkere %3-5 oranında alçı ilave edilerek elde edilen karışımın öğütülmesiyle üretilen çimentoya Portland çimentosu denilmektedir (Özdemir ve Uğurlu, 2011).

Çimentonun üretim ve kullanım teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler, çimentoyu birçok ihtiyacı karşılayan çeşitli türlerde çimentonun üretilmesine olanak sağlayan büyük bir endüstri dalı yapmıştır. İhtiyaçların karşılanabilmesi amacıyla puzolan katkılı çimentolar üretilmiştir (Çağlar, 2016). Üretilen bu katkılı çimentolar portland çimentosunda performans özelliklerine sahip olmanın yanı çelik, elektrik ve silikon endüstri atıklarının kullanılmasına olanak sunmuştur (Güneyisi vd., 2003).

Çimento harcının belli katkılarla güçlendirilmesi ile ilgili çalışmalar son 30-40 yılda ivme kazanmıştır (Czarnecki, 2007; Kalyoncu, 2007; Aktaş, 2014). Endüstriyel ürünlerin kullanımı, bilim adamlarının araştırması için ilginç bir konu haline gelmiştir (Grandjean vd., 2018; Binici vd., 2014). Son yıllarda endüstriyel yan ürünler, çimento esaslı malzeme, çimento veya agrega yerine kullanılan malzemeler olmuştur (Alp vd., 2009; Zhang vd., 2018). Çimento malzemesi olarak kullanılan bu endüstriyel ürünlerden biride bor ve türevleridir.

Türkiye dünyanın en büyük bor mineral rezervine, borun işlenmesinde ise ABD'den sonra ikinci sırada yer almaktadır. Türk maden endüstrisi tarafından kolemanit, üleksit ve tinkal bor mineralleri üretilmektedir. Bu mineraller borik asit ve boratlar üretmek üzere konsantre edilmektedir (Kunt vd., 2017). Cevherlerden elde edilen ürünler konsantre tincal, boraks pentahidrat, boraks dekahidrat, susuz boraks, borik asit ve sodyum perborattır (SPO, 2018). Borik asit üretmek için kolemanit, sülfürik asit ile reaksiyona girmektedir (Kunt vd., 2017).

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde*; Özmal vd. (2005)* yılında yaptıkları çalışmada, kolemanit atığı katkılı üretilen çimentolarla elde ettikleri harç numunelerin basınç dayanımlarının kolemanit atığı yüzdesinin artmasıyla birlikte azaldığını tespit etmişlerdir.

Kavas vd., (2005), Kolemanit atığı katkılı çimentolara %0,5 ve %1,0 oranlarında organik katkı maddesi ilave etmiş, çalışma sonunda numunelerin basınç dayanımlarını arttırdığını bildirmiştir.

Erdoğan vd., (1998), %1'den %7' ye kadar kolemanit atığı katkısının numunelerin basınç dayanımını arttırdığını bildirmişlerdir.

Olgun vd., (2007), kolemanit konsantratör atığı katkısının harç numunelerinin erken yaşlardaki basınç dayanımını düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

Fındık (2007) çalışmasında, %3 ve %5 kolemanit atığı katkısının beton numunelerinin basınç dayanımını arttırdığını ifade etmiştir.

Çağlar (2016), borik asit katkılı çimento hamuru üretmiş, çalışma sonunda borik asit katkısının çimento hamurunun basınç dayanımında artışa neden olduğunu tespit etmiştir.

Bu çalışmada, bor atığının kullanılarak üretilen çimento harcının mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. 3 aşamada gerçekleştirilen çalışmada, borik asit çimento harcı içerisine sıvı çözelti olarak eklenmiştir. İlk aşamada, referans olarak kullanılacak olan çimento numuneleri üretilmiştir. İkinci aşamada, (%0,5, %1 ve %1,5) borik asit çimento harcına eklenerek katkılı çimento üretimi yapılmıştır. Üçüncü aşama da ise 4x4x16 cm ebatlarında üretilen çimento harcı numunelerinin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için basınç ve eğilmede çekme dayanımı deneyleri uygulanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Çimento

Çimento; kalsiyum, silisyum, alüminyum ve demir oksitlerini içeren hammaddelerin karıştırılarak döner fırında yüksek sıcaklıkta pişirilmesi sonucu üretilen ve klinkerin çok ince bir şekilde öğütülmesi ile elde edilen hidrolik bir bağlayıcıdır (DPT, 2006).

Portland çimentosu ise, kalker ve kil karışımından oluşan hammaddelerin pişirilmesi sonucu elde edilen klinkerin çok az miktarda alçıtaşı ile öğütülmesi sonunda üretilen ve su ile birleştirildiğinde hidrolik bağlayıcılık özelliği kazanan çimentodur (Erdoğan, 2003).

CEM çimentosu adı verilen bu çimentolar; CEM I Portland Çimentosu, CEM II Portland Kompoze, CEM III Yüksek Fırın Cürufu Çimentosu, CEM IV Puzolanlı Çimento ve CEM V Kompoze Çimento olmak üzere 5 guruba ayrılmıştır (TS EN 197-1, 2002).

Çalışmada, TS EN 197-1 ile uyumlu CEM I 42.5 N tipi Portland Çimentosu kullanılmıştır. Çimentoya ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Deneylerde s/ç oranı 0,25-0,35 arasında tutulmuştur.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan çimentonun özellikleri

Kimyasal Bileşim %		
Bileşen		**Çimento**
		Nuh CEM I 42,5R
CaO, toplam		63,41
CaO, serbest		1,2
SiO2, toplam		20,22
Al2O3		5,67
Fe2O3		2,91
MgO		0,96
SO3		2,92
Na2O		
K2O		
Mn2O3		
TiO2		
Kızdırma kaybı		3,32
Çözünmeyen kalıntı		0,93
Fiziksel ve Mekanik Özellikler		
Özgül Ağırlık		3,19
İncelik Blaine (cm^2/gr)		3654
Basınç Dayanımı (MPa)	2- Gün	29,8
	7- Gün	49,6
	28- Gün	61,1

2.1.2. Agrega

Çalışmada agrega olarak Limak marka CEN standart kumu kullanılmıştır. CEN Standart Kumu, TS EN 196-1 standardı baz alınarak üretilmiştir. Kum, her tanecik boyutuna göre ayrı ayrı ve önceden harmanlanarak deney için kullanıma hazır plastik torbalar içinde bulunmaktadır.

Şekil 1. Deneyde kullanılan agrega

2.1.3. Borik Asit

Bor, doğadaki elementler arasında en az bulunan elementlerden biri olan ve yeryüzünde %0,001 oranında, deniz sularında ise 3-5 ppm düzeyinde bulunan nadir bir elementtir (Aydın vd., 2003).

Bor mineralleri ve bileşikleri farklı alanlarda kullanılmakta ve kullanım alanları gün geçtikçe artış göstermektedir. Stratejik öneme sahip bor, 803 milyon ton (B_2O_3 bazında) bor rezervi ile dünya bor rezervlerinin % 63'ü Türkiye'nin batısında yer almaktadır (Özdemir vd., 2003).

Bor türevleri içerisinde en önemlilerinde biri olan borik asit, pek çok bor türevinin sentezinde ana madde görevinde bulunmaktadır. Cam ve seramik endüstrisinde başta olmak üzere borik asit, temizlik maddeleri üretimi, nükleer teknoloji, metal endüstrisi, gıda sektörü, kozmetik sanayi, tekstil ve tarım sektöründe geniş kullanım alanına sahiptir (Polat, 1987).

Borik asit [$B(OH)_3$ ya da H_3BO_3] ticari öneme sahip bor minerallerinden olan kolemanitten elde edilmektedir sayısız sanayi dalında kullanılan bir bor ara ürünüdür (Şekil 2). Çalışmada kullanılan borik asit Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir. Hafif beton üretiminde karışım suyu miktarının %1, %3 ve %5 oranında borik asit çözeltisi kullanılmıştır.

Şekil 2. Borik asit

2.1.4. Karışım Suyu

Pomza ve perlit agregalı, borik asit katkılı hafif beton numunesi üretiminde Kastamonu ili şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Borik Asit Katkılı Çimento Harcı Numunelerinin Üretilmesi

İlk olarak borik asit karıştırıcısı olan ısıtıcının üstünde 1 saat süre ile karıştırılmış ve çözelti oluşturulmuştur (Şekil 3).

Şekil 3. Borik asit çözeltisi

Çimento harcı hazırlama işleminde; öncelikle agrega karıştırma kabına alınmıştır. Ardından çimento eklenerek 30 saniye karıştırılıp homojen bir karışım oluşturulmuştur. Daha sonra su ve borik asit çözeltisi eklenerek 90 saniye karıştırılmıştır. Homojen bir karışım elde edildikten sonra üretilen çimento harcı

üç bölmesi olan 4×4×16 cm. boyutlarındaki çelikten imal edilmiş kalıplara doldurulmuştur (Şekil 4).

Şekil 4. Numunelerin kalıplara dökülmesi

Üretilen numunelerin priz alması için numuneler bir gün kalıpta bekletilmiştir. Kalıptan çıkarılan numuneler (Şekil 5) 28 gün boyunca kür havuzunda 20 ± 2 °C sıcaklık ve %100 nisbi nem ortamında kür edilmiştir. Numunelerin içerisine konulan kür kabındaki su ara ara kontrol edilerek su eklenmiştir.

Şekil 5. Numunelerin kalıplardan çıkarılması

Numuneler, deneyden 15 dk önce kür havuzundan çıkarılmış ve nemli bez ile kurulanmıştır. Numuneler basınç ve eğilmede çekme dayanım deneylerine tabi tutulmuştur.

2.2.2. Üretilen Numunelere Uygulanan Basınç Dayanımı Deneyi

Mekanik özelliklerden biri olan basınç dayanımı deneyi TS EN 772-1 "Kâgir Birimler- Deney Yöntemleri- Bölüm 1: Basınç Dayanımının Tayini" standardına göre, bilgisayar kontrollü basınç presinde basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Kurutulan numunelerin basınç dayanımı değeri kırılma yükünün yüzey alanına bölünmesi sonucu hesaplanmıştır. Deney Kastamonu Karayolları Bölge Müdürlüğü Yapı Laboratuvarı'nda yapılmıştır (Şekil 6).

Şekil 6. Basınç dayanım cihazı

2.2.3. Üretilen Numunelere Uygulanan Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi

Eğilmede çekme dayanımı deneyleri, U Test marka test cihazı kullanılarak (Şekil 7) ve TS EN 196-1 baz alınarak yapılmıştır (TS EN 196-1, 2009). Cihazın yükleme hızı 0,05 kN/sn olarak alınmış ve bütün deneylerde aynı yükleme hızı kullanılmıştır. Her çimento hamuru numunesi için 3 deney numunesi kırılarak aritmetik ortalamaları dayanım değeri olarak alınmıştır.

Şekil 7. Eğilmede çekme dayanım deney cihazı

PÇ 42.5 ile katkılı çimento hamurlarının 28 günlük eğilme dayanımı TS EN 196-1'de verilen (TS EN 196-1, 2009) aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır. Burada, Rf : Eğilme dayanımı, MPa, b : Prizma şekilli numunenin kare kesitinin kenar uzunluğu, mm, Ff : Prizma şekilli numunenin kırıldığı anda ortasına uygulanan yük, N, l: Mesnet silindirleri arasındaki mesafe, mm'dir (TS EN 196-3, 2012).

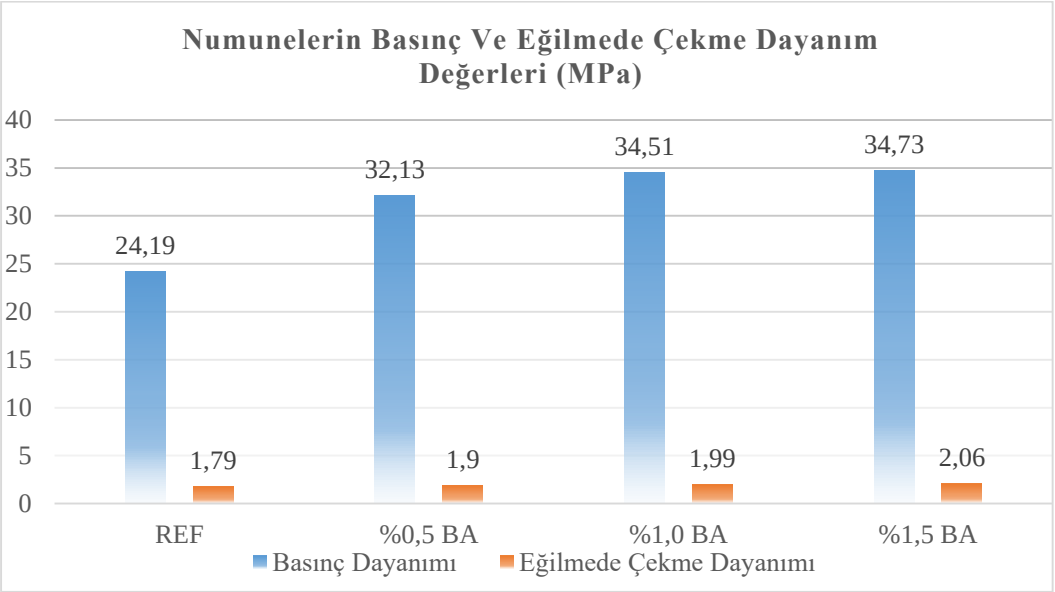
$$\mathbf{R_f = 1.5\ F_f\ (1/b^3)}$$

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Şekil 8'de borik asit katkılı çimento harcı numunelerinin basınç ve eğilmede çekme dayanımı değerleri verilmiştir. Grafiğe göre; Basınç dayanımlarının 24,19-34,73 MPa arasında değiştiği görülmektedir. Referans numunesi 24,19 MPa ile en düşük basınç dayanımına sahipken, en yüksek basınç dayanımının 34,19 MPa ile %1,5 oranında borik asit katkısıyla sağlandığı görülmektedir. %0,5 oranında borik asit katkılı çimento harcının basınç dayanım değeri 32,13 MPa iken, %1,0 oranında katkılı numunelerin 34,51 MPa olduğu görülmektedir. Borik asit miktarının artmasıyla üretilen çimento harcı numunelerinin basınç dayanımında artış meydana gelmektedir.

Eğilmede çekme dayanım değerleri incelendiğinde ise; değerlerin 1,79-2,06 MPa arasında değiştiği görülmektedir. 1,79 MPa ile referans numunesinin en düşük eğilmede çekme dayanımına sahipken, 2,06 MPa ile %1,5 oranında borik asit katkılı numunenin en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. %0,5

oranında borik asit katkılı numunelerin eğilmede çekme dayanımı 1,90 MPa iken, %1,0 oranında borik asit katkılı numunelerin eğilmede çekme dayanımı ise 1,99 MPa'dır. Borik asit miktarının artmasına paralel olarak yarmada çekme dayanımında da artış meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 8. Numunelerin basınç ve eğilmede çekme dayanım değerleri

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada çimento harcı üretiminde, karışım suyu miktarının %0,5, %1, %1,5 oranında borik asit kullanılarak çimento harcı üretimi yapılmıştır. Numune üzerinde yapılan basınç ve eğilmede çekme dayanımı deneyi sonucunda;

- ✓ Numunelerin basınç dayanım değerleri incelendiğinde; %1,5 oranında kullanılan borik asit 34,73 MPa ile en iyi sonucu vermiştir.
- ✓ Borik asit miktarının artmasıyla numunelerin basınç dayanımı değerlerinde artış meydana gelmiştir.
- ✓ Numunelerin eğilmede çekme dayanım değerleri incelendiğinde ise; Borik asit miktarının artmasıyla numunelerin dayanımı değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir.
- ✓ Borik asitin belli oranlarda kullanılmasıyla katkılı çimento harcı üretiminde kullanılabileceği belirlenmiştir.

- ✓ Borik asit, türevleri ya da atıklarının çimento üretiminde değerlendirilmesine yönelik ülkemizde ve dünyada yapılan araştırmaların sayısı arttırılmalıdır. Bu alanda yapılacak çalışmalar sadece literatürde kalmayıp sanayi ile iş birliği yapılarak üretime geçilmelidir.

KAYNAKLAR

Özyurtkan, M.H. (2012). *Yüksek basınçlı ve sıcak kuyular için geçirimsiz çimento harcı tasarımı,* Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bentz, D.P. (2008). A review of early-age properties of cement-based materials. *Cement and Concrete Research 38(2),* 196-204.

Aktaş, Ö. U. (2014). *Polimer katkılı çimento esaslı kaplama malzemelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özdemir, M. ve Uğurlu, A. (2011). Evaluation of boron containing clay wastes in cement production, *Materials and Manufacturing Processes, 26,* 1130–1135.

Czarnecki, L. (2007). Concrete-polymer composites: "Trends shaping the future", *International Journal-Society of Materials Engineering for Resources,* (15), 1-5.

Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, (2006). Çimento sanayii ön raporu, Ankara, 28-29.

Erdoğan, T. Y. (2003). Beton, Ankara: *METU Press,* 11-63, 169-208, 572-604.

Kalyoncu, H. (2007). *Çelik, karbon ve polivinil alkol (pva) mikroliflerin tekil ve karma olarak kullanımının çimento harçların mekanik özelliklerine etkisi,* Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Özdemir, M., Kıpçak, İ. ve Öztürk, N. (2003). Bor endüstrisi katı atıklarından boraksın katı-sıvı özütleme ile geri kazanılması, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5 (1),* 175-182.

TS EN 196-1. (2009). Çimento deney metotları - Bölüm 1: dayanım tayini, Türk Standartları Enstitüsü, 16-18.

TS EN 197-1. (2002). Çimento - Bölüm 1: genel çimentolar- bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, 2-15.

Güneyisi, E., vd. (2003). Katkılı ve katkısız çimento betonların değişik kür koşulları altında mekanik özelliklerinin karşılaştırılmalı olarak incelenmesi, *Çimento ve Beton Dünyası Dergisi, 45 (4)*, 56–73.

Kunt, K., Dur, F., Yıldırım, M., Derun, E.M. (2017). Effect of chemical admixtures on borogypsum containing cement mortar, *Main Group Chemistry 16*, 227-239.

Alp, İ., Deveci, H., Süngün, Y.H, Yazıcı, E.Y., Savaş, M., Demirci, S. (2009). Leachable characteristics of arsenical borogypsum wastes and their potential use in cement production, *Environmental Science and Technology, 43(18),* 6939-6943.

Zhang, W., Han, B., Yu, X., Ruan, Y., Ou, J. (2018). Nano boron nitride modified reactive powder concrete. *Construction and Building Materials 179,* 186-197.

Grandjean, J., Joulia, A., Smith, A., Naït-Ali, B., Tessier-Doyen, N., Garnier, T., Labergri, F. (2018) Determination of boron contained in a cementitous matrix used for the transport or the storage of radioactive waste. *Progress in Nuclear Energy 109,* 38-44.

Binici, H., Aksoğan, O., Sevinç, A.H., Küçükönder, A. (2014). Mechanical and radioactivity shielding performances of mortars made with colemanite, barite, ground basaltic pumice and ground blast furnace slag. *Construction and Building Materials 50*, 177-183.

The State Planning Organization (SPO), (2008). Boron, Soda Ash, and Chrome Chemicals; DPT Report No: 2776. SPO: Ankara.

Polat, M., (1987). Türkiye ve Dünyada Bor ve Bor Teknolojisi Uygulamalarının Araştırılması. İzmir.

Özmal, F., Erdoğan. Y., Olgun, A., Atar, N., Kula, İ. ve Kalfa, O., (2005). Bor Endüstri Atıkları, Uçucu Kül ve Alünüt İçeren Çimentoların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *I. Ulusal Bor Bildirileri Kitabı*, 152-160.

Kavas ve Emrullahoğlu (2005). Seydişehir kırmızı çamur ve kırka bor atıklarının endüstriyel hammadde olarak kullanımı. *I. Batı Hammadde Kaynakları Sempozyumu*, 216-225, İzmir.

Erdoğan, Y., Zeybek, M.S. ve Demirbaş, A. (1998). Cement Mixes Containing Colemanit From Concentrator Wastes. *Cement Concrete Research 28*, 605-609.

Olgun, A. ve Erdoğan, Y. (2001). Etibor Bandırma Borik Asit İşletmesi Atıklarının Seramik Endüstrisinde Kullanımı. *Dumlupmar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* (2), Kütahya, 58-61.

Fındık, A. (2007). *Kolemanit konsantratör atığının beton ve harç numunelerinin bazı özelliklerine etkisinin incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

Aydın, A.O., Gülensoy, H., Akıcıoğlu, A. ve Sakarya, A., (2003). Kolemanitlerdeki arseniğin borik asit ve boraks üretimine etkisi, *Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(1),* 51-58.

TS EN 772-1, (2012), Kâgir birimler - Deney yöntemleri - Bölüm 1: Basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Çağlar, H. (2016). *Radyoaktiviteden kaynaklanan çevresel etkileri azaltmak için borik asit ve polivinil alkol katkılı çimento hamurunun özelliklerinin araştırılması*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

BORİK ASİTİN POMZA VE PERLİT AGREGASI KULLANILARAK ÜRETİLEN HAFİF BETONUN MEKANİK KARAKTERİSTİĞİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Çağlar H.[1*], Kale M.O.[2], Çağlar A.[3]

[1*]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

[2]Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

[3]Yapı Denetimi Bölümü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

e-mail: arzuyilmaz@kastamonu.edu.tr

Özet

Yapı sektörü ve yapı teknolojileri arasında taşıyıcı eleman olarak en çok kullanılan malzeme betondur (Öztürk, 2012). Endüstrinin gelişmesi ve beton kullanış amaçlarının ve aranan özelliklerin değişmesine paralel olarak özel betonlar üretilmeye başlanmıştır (Yazıcıoğlu ve Bozkurt, 2006). Bu özel betonların başında da hafif beton gelmektedir.

Bu çalışmada, borik asitin pomza ve perlit agregası kullanılarak üretilen hafif betonun mekanik karakteristiği üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada borik asit sıvı çözelti halinde hafif betona ilave edilmiştir. Yapılan deneysel çalışma 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, referans olarak alınacak pomza ve perlit agregalı hafif beton üretilmiştir. İkinci aşamada, farklı oranlarda (%1, %3 ve %5) bor minerali karışım suyuna eklenerek hafif beton üretimi yapılmıştır. Üçüncü ve son aşamada, üretilen pomza ve perlit agregalı hafif beton numunelerine mekanik karakteristik özelliğinin belirlenmesi amacıyla basınç ve yarmada çekme dayanımı deneylerine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak; Borik asitin hafif betonun basınç dayanımını arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca uygun miktarlarda borik asitin hafif beton üretiminde kullanılmasının mekanik karakteristiği üzerine olumlu etkilerinin olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bor atığı, beton, hafif beton, pomza, perlit.

1. GİRİŞ

Hafif beton, geleneksel betondan farklı, daha düşük birim ağırlığa ve dayanıma ve boşluklu bir yapıya sahip, yüksek ısı ve ses yalıtımı özelliği bulunan, normal betonla aynı amaç için kullanılabilen betonlara denilmektedir (Neville,1975). Başka bir ifadeyle hafif beton, bünyesinde yaklaşık %75 oranında hava kabarcıkları bulunan, 400-1600 kg/m3 birim ağırlığa ve 1-15 MPa basınç dayanımına sahip beton olarak tanımlanmaktadır (Ekinci, 2008).

Hafif betonları; yalıtım amaçlı hafif betonlar, hem yalıtım hem de taşıyıcı amaçlı hafif betonlar ve taşıyıcı hafif betonlar olarak üç guruba ayrılmaktadır.

Hafif beton farklı yöntemler kullanılarak üretilmektedir (Baradan ve Yazıcı, 2003). Bunlar; hafif agrega kullanımı ile, köpüklü beton üretimi ile ve gaz beton üretimi şeklinde sıralanmaktadır.

Hafif betonlar; çatı ve ara kat ısı yalıtımı malzemesi, İç ve dış mekanlarda taşıyıcı olmayan duvar malzemesi, yangını önleyici engeller ve boşlukların oluşturmada, tesisat kanallarında, geleneksel binaların tavan sıva malzemesi olarak, zemin stabilizasyonu ve dolgu malzemesi olarak, kanalizasyon ve arazi işlemleri gibi farklı alanlarda kullanıma sahiptirler (Ekinci, 2008).

Hafif beton ekonomiklik, teknik özellik, yüksek dayanım ve çevresel avantajlarından dolayı yapılar ve binalar için fonksiyonel bir yapı malzemesi olmuştur (Haque ve ark., 2004). Ülkemizde son zamanlarda oldukça fazla kullanılmaya ve araştırılmaya başlanmıştır. Yapılan araştırmalar incelendiğinde; *Dinçer ve Çağatay (2004),* %0, %25, %50, %75, %100 oranlarında pomza malzemesini kum agregası yerine kullanarak hafif beton üretmişlerdir. Çalışma sonucunda pomza katkılı hafif beton numunelerinin mekanik özelliklerinde azalma meydana geldiğini gözlemlemişlerdir.

Kozak ve Ünal (2010) çalışmalarında Isparta pomzası ve Afyonkarahisar tüfünün agrega olarak kullanarak ürettikleri hafif betonların fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; birim hacim ağırlığı düşük olan pomza agrega kullanılarak üretilen hafif beton numunelerinin binaların ölü yükünde azalma meydana getirdiğini ifade etmişlerdir.

Akyüncü (2019) yapmış olduğu çalışmada, hafif beton agregası olarak Kayseri ili Talas bölgesinden temin edilen pomza kullanmış ve ürettikleri numuneleri normal agregalı betonlarla karşılaştırmıştır. Yapmış oldukları deney sonucunda elde ettikleri verilere göre, hafif beton blokların yüzey sıcaklıklarının normal betonlara göre %50 daha az olduğunu bildirmiştir. Yangın etkisine maruz kalan normal ve hafif beton bloklara basınç dayanımı testine tabi tutulmuş hafif beton bloklarda %6 oranında, normal beton bloklarda ise %18 oranında düşüş meydana geldiğini tespit etmiştir.

Bu çalışmada, borik asitin pomza ve perlit agregası kullanılarak üretilen hafif betonun mekanik karakteristiği üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada borik asit sıvı çözelti halinde hafif betona ilave edilmiştir. Yapılan deneysel çalışma 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, referans olarak alınacak pomza ve perlit agregalı hafif beton üretilmiştir. İkinci aşamada, farklı oranlarda (%1, %3 ve %5) bor minerali karışım suyuna eklenerek hafif beton üretimi yapılmıştır. Üçüncü ve son aşamada, üretilen pomza ve perlit agregalı hafif beton numunelerine mekanik karakteristik özelliğinin belirlenmesi amacıyla basınç ve yarmada çekme dayanımı deneylerine tabi tutulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Çimento

Çalışmada, TS EN 197-1 ile uyumlu CEM I 42.5 N tipi Portland Çimentosu kullanılmıştır. Çimentoya ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Deneylerde s/ç oranı 0,25-0,35 arasında tutulmuştur.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan çimentonun özellikleri

Kimyasal Bileşim %		
Bileşen		**Çimento**
		Nuh CEM I 42,5R
CaO, toplam		63,41
CaO, serbest		1,2
SiO2, toplam		20,22
Al2O3		5,67
Fe2O3		2,91
MgO		0,96
SO3		2,92
Na2O		
K2O		
Mn2O3		
TiO2		
Kızdırma kaybı		3,32
Çözünmeyen kalıntı		0,93
Fiziksel ve Mekanik Özellikler		
Özgül Ağırlık		3,19
İncelik Blaine (cm^2/gr)		3654
Basınç Dayanımı (MPa)	2- Gün	29,8
	7- Gün	49,6
	28- Gün	61,1

2.1.2. Pomza

Volkanik patlamalar sonucu oluşan ve süngerimsi bir yapıda olan pomza, boşluklu bir kayaçtır (Sar, 2013). Bünyesinde bulunan birbiriyle bağlantılı olmayan boşluklar sayesinde çok iyi ısı ve ses yalıtım özelliğine sahiptir (Rilem, 2008). İtalyanca bir sözcük olan ve dilimize geçen pomza, farklı dillerde ponce, pumice, pumicite, bims, bimstein gibi isimlerle karşımıza çıkmaktadır (DPT, 2001). Pomza sahip olduğu boşluklu iç yapısı, düşük birim ağırlığı ve ses ve ısı yalıtım özelliklerinden dolayı yapıda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Aydın, 2008). Boşluklu iç yapısından kaynaklanan hafifliği ve dış etkenlere karşı yüksek dayanıklılığı nedeni ile kullanılan en eski yapı malzemelerinden biridir (Gündüz ve ark., 1998). Ülkemizde yaklaşık 3 milyon m3 rezerve sahip pomza, hafif beton üretimi için en çok kullanılan agregadır (Gündüz ve Uğur, 2005; Bideci ve ark., 2013).

Pomza inşaat sektöründe; hafif yapı elemanı üretiminde, prefabrik yapı elemanı ve hafif sıva ve harç üretiminde, çatı ve dekoratif mobilya üretiminde, çatı izolasyon dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır (Ceylan, 2019).

Türkiye'de bulunan pomza rezervlerinin dağılımı incelendiğinde, pomzanın Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Pomza rezervi %57,7 oranıyla en fazla Doğu Anadolu bölgesinde yer almaktadır. Pomza rezervinin geriye kalan %44,3 kısmı ise İç Anadolu bölgesinde yer almaktadır (Elmastaş 2012). Pomzanın Türkiye ihracat-ithalatına katkısı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Pomzanın Türkiye ihracat-ithalatına katkısı (MTA, 2018)

	İhracat		**İthalat**	
	Miktar (Kg)	**Değer ($)**	**Miktar (Kg)**	**Değer ($)**
Pomza	260.785.925	16.589.111	6.844.957	142.072

Çalışmada kullanılan pomza, Nevşehir bölgesinden temin edilmiştir. Hafif beton karışımlarında, 0/4 mm, 4/8 mm ve 8/16 mm aralığında gruplandırılmış 3 ayrı boyutta pomza kullanılmıştır.

Tablo 3. Pomza agregaların kimyasal analizi

Kimyasal Özellikleri	
Bileşenler (%)	**Oran (%)**
SiO_2	74.10

Al_2O_3	13.45
Fe_2O_3	1.40
CaO	1.17
MgO	0.35
K_2O	4.10
Na_2O	3.70
SO_3	-
Kızdırma Kaybı	1.54

2.1.3. Perlit

Isı etkisiyle genleşme özelliğine sahip olan perlit, genleştirildiğinde çok hafif ve boşluklu yapıya sahip olan bir kayaçtır. Perlit kelimesi hem ham perlit hem de ham perlitin ani bir şekilde ısıtılmasıyla elde edilen genleştirilmiş perlit için kullanılmaktadır. Perlit madeni renk ve yapısı itibariyle birbirinden farklılık göstermektedir. Ham perlit saydam açık griden parlak siyaha kadar uzanan bir yelpazeye sahiptir (Sağsöz, 2007). Ham perlit genleştiğinde ise beyaz renge dönüşmektedir. (MTA, 2018). Bünyesinde yaklaşık %70-75 oranında SiO2, %12-20 oranında Al2O3 ve eser miktarda değişik mineral bileşikler bulundurmaktadır (Khanjarkhanı, 2014). Perlitin Türkiye ihracat-ithalatına katkısı Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Perlitin Türkiye ihracat-ithalatına katkısı (MTA, 2018)

	İhracat		**İthalat**	
	Miktar (Kg)	**Değer ($)**	**Miktar (Kg)**	**Değer ($)**
Perlit	495.910.839	28.260.734	97.490	69.616

Çalışmada Erzincan ili Mollaköy bölgesinden temin edilen perlit kullanılmıştır. Perlit agregasının özellikleri Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir (Çimen, 2019).

Tablo 5. Erzincan Mollaköy ham perlitin birleşenleri

Birleşenler	**Oran (%)**
SiO_2	71–75
K_2O	4–5
CaO	0,40–0,82
Fe_2O_3	0,30–0,50

MnO	0,071
Al_2O_3	12,50–16
Na_2O	3,20
MgO	0,02–0,03
TiO_2	0,01
SO_3	0–0,2

Tablo 6. Erzincan Mollaköy perlit agregasının fiziksel özellikleri

Özellikler	**Tane Sınıfı (mm)**		
	0-2	**2-4**	**4-8**
Gevşek birim ağırlık (kg/m^3)	1123,67	1086,23	1035,44
Sıkışık birim ağırlık (kg/m^3)	1310	1225	1140
Özgül ağırlık faktörü	2,16	2,12	2,05
Su emme (%)	2,9	4,7	6,2
30 dakikalık su emme (%)	2	2,3	3

2.1.4. Borik Asit

Borik asit [B(OH)3 ya da H3BO3] ticari öneme sahip bor minerallerinden olan kolemanitten elde edilmektedir sayısız sanayi dalında kullanılan bir bor ara ürünüdür (Şekil 1). Çalışmada kullanılan borik asit Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir. Hafif beton üretiminde karışım suyu miktarının %1, %3 ve %5 oranında borik asit çözeltisi kullanılmıştır.

Şekil 1. Borik asit

2.1.5. Karışım Suyu

Pomza ve perlit agregalı, borik asit katkılı hafif beton numunesi üretiminde Kastamonu ili şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Bor Atığı Katkılı Hafif Betonun Üretilmesi

İlk olarak borik asit 80 0C sıcaklıktaki su içerisinde çözelti haline getirilmiştir (Şekil 2).

Şekil 2. Borik asit çözeltisi

Daha sonra hafif betonu oluşturan malzemeler olan perlit ve pomza agrega, çimento, su, borik asit çözeltisi ve katkı maddesi mikser yardımıyla homojen bir karışım oluşturana kadar karıştırılmıştır (Şekil 3).

Şekil 3. Hafif betonu oluşturan malzemelerin mikserde karıştırılması

Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra üretilen beton karışımı 150x150x150 mm ebatlarında küp numune kalıplarına dökülmüştür (Şekil 4). 24 saat kalıplarda prizinin alması beklenilen hafif beton numuneleri kalıptan çıkarılarak kür havuzuna alınmıştır. 28 gün kur havuzunda kür edilen numuneler kür havuzdan çıkarılan numuneler mekanik özelliklerinin belirlenmesi için basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı deneylerine tabi tutulmuştur.

Şekil 4. Numunelerin kalıplara dökülmesi

2.2.2. Üretilen Betonlara Uygulanan Basınç Dayanımı Deneyi

Mekanik özelliklerden biri olan basınç dayanımı deneyi TS EN 772-1 "Kâgir Birimler- Deney Yöntemleri- Bölüm 1: Basınç Dayanımının Tayini" standardına göre, bilgisayar kontrollü basınç presinde basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Kurutulan numunelerin basınç dayanımı değeri kırılma yükünün yüzey alanına bölünmesi sonucu hesaplanmıştır. Deney Kastamonu Karayolları Bölge Müdürlüğü Yapı Laboratuvarı'nda yapılmıştır (Şekil 5).

Şekil 5. Basınç dayanımı

2.2.3. Üretilen Betonlara Uygulanan Yarmada Çekme Dayanımı Deneyi

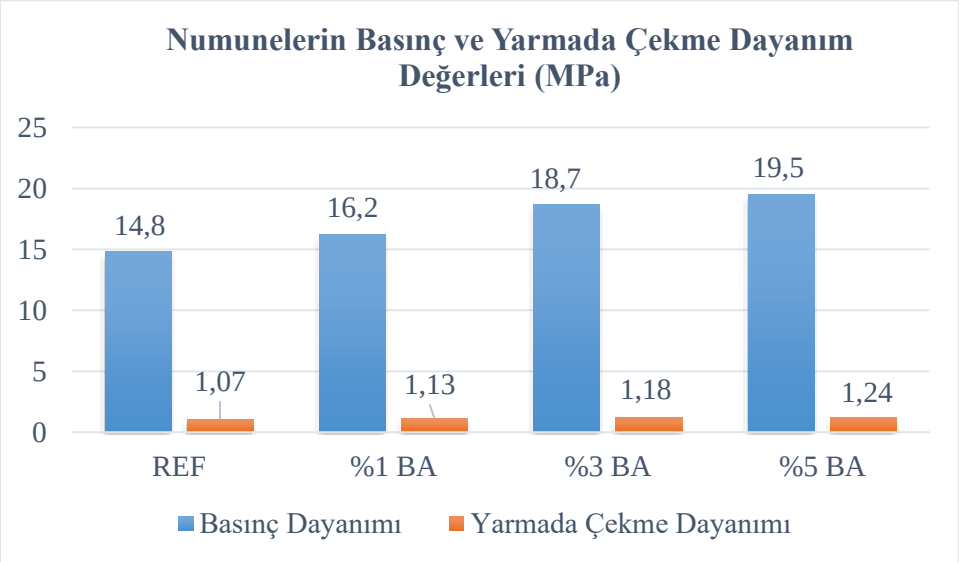
Öncelikle hafif beton numuneleri kür havuzundan çıkarılmış ve etüv fırınında (1050C'de) kurutulmuştur. Numuneler pres makinesine yerleştirilmiş ve deney sırasında herhangi bir aksilik yaşanmaması için sabitleme işlemi yapılmıştır. Numuneler üzerine yükleme hızı ortalama 0,05 MPa olan yük uygulanmıştır. Cihazın yük göstergesinde bulunan ve kırılma anındaki en büyük yükü (Pmax) gösteren değer kaydedilmiştir. Bulunan değerler formülde yerine yazılarak yarmada çekme dayanımı hesaplanır (Şimşek, 2007). ft; Yarmada çekme dayanımını (N/mm2), L; Silindir yüksekliği, b: Numune kesitinin boyunu ifade etmektedir.

$$ft = (2.\ Pmax) / (\pi\ .\ D.\ L)$$

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Şekil 6'da pomza ve perlit agregalı ve borik asit katkılı hafif beton numunelerinin basınç ve çekme dayanımı verilmiştir. Grafiğe göre; Referans numunesinin 14,8 MPa ile en düşük basınç dayanımına sahipken, en yüksek basınç dayanımının 19,5 MPa ile %5 oranında borik asit katkısıyla sağlandığı görülmektedir. Borik asit miktarının artmasıyla üretilen hafif beton numunelerinin basınç dayanımında da artış meydana gelmektedir. %3 ve %5 oranında borik asit katkılı üretilen hafif beton numunelerinin ACI 213R-87'de belirtilen hafif beton dayanım değerinin (17,2 MPa) üzerinde dayanım değerine sahip olduğu görülmektedir. Diğer bir deyişle borik asit katkılı numuneler taşıyıcı hafif beton olarak nitelendirilebilmektedir.

Yarmada çekme dayanım değerleri incelendiğinde ise; 1,07 MPa ile referans numunesinin en düşük yarmada çekme dayanımına sahipken, 1,24 MPa ile %5 oranında borik asit katkılı numunenin en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Bor atığı miktarının artmasına paralel olarak yarmada çekme dayanımında da artış meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 6. Numunelerin basınç ve yarmada çekme dayanım değerleri

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Hafif beton üretiminde karışım suyu miktarının %1, %3, %5 oranında borik asit katılarak beton üretimi yapılmıştır. Numune üzerinde yapılan basınç ve yarmada çekme dayanımı deneyi sonucunda;

- ✓ Numunelerin basınç dayanım değerleri incelendiğinde; %5 oranında kullanılan borik asit 19,5 MPa ile en iyi sonucu vermiştir.
- ✓ Borik asit miktarının artmasıyla numunelerin basınç dayanımı değerlerinde artış meydana gelmiştir.
- ✓ Numunelerin yarmada çekme dayanım değerleri incelendiğinde ise; Borik asit miktarının artmasıyla numunelerin dayanımı değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir.
- ✓ %3 ve %5 oranında borik asit kullanılarak üretilen hafif beton numunelerinin ACI 213R-87'de belirtilen hafif beton dayanım değerinin (17,2 MPa) üzerinde dayanım değerine sahip olduğu görülmektedir.
- ✓ Üretilen referans ve %1 oranında bor atığı katkılı numuneler taşıyıcı eleman değil de yalıtım amaçlı veya bölme blok şeklinde kullanılabilmektedir.
- ✓ Borik asitin belli oranlarda kullanılmasıyla hafif beton üretiminde kullanılabileceği belirlenmiştir.

- ✓ Borik asit, türevleri ya da atıklarının pomza gibi yerel kaynakların değerlendirilmesine yönelik ülkemizde ve dünyada yapılan araştırmaların sayısı arttırılmalıdır. Bu alanda yapılacak çalışmalar sadece literatürde kalmayıp sanayi ile iş birliği yapılarak üretime geçilmelidir.

KAYNAKLAR

Öztürk, M. (2012). *Pomza ve perlit içerikli hafif betonun fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

Yazıcıoğlu, S., Bozkurt, N., (2006). Pomza ve mineral katkılı taşıyıcı hafif betonun mekanik özelliklerinin araştırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21(40),* 675-680.

Neville, A. M. (1999). Properties of concrete, 4th Edition, Longman.

Ekinci, C.E., 2008. Bordo Kitap: Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı, *Data Yayınları,* Ankara.

Baradan, B., Yazıcı, H. (2003). Betonarme yapılarda durabilite ve TS EN 206-1 standardının getirdiği yenilikler. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 426(4), 62-69.

Haque, M.N., Al-Khaiata, H. ve Kayalı, O. (2004). Strength and durability of lightweight concrete, *Cement & Concrete Composites (26),* 307-314.

Dinçer, R., Çağatay, İ.H. (2004). Pomza ile yapılan hafif betonların mekanik özellikleri, *Çukurova Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), 247-260.

Kozak M., Ünal O., (2010). Hafif agregalı blokların özelliklerinin araştırılması, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6(2),* 17-30.

Akyüncü, V., (2019). Pomza agregalı hafif beton blokların mekanik özeliklerinin ve yangın etkisi altındaki davranışının incelenmesi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(1)* 147-157.

TS EN 197-1, 2012. Çimento - Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Sar, M. (2013). *Volkanik pomza tozunun yalın ve silis dumanı kendiliğinden yerleşen betonların özelliklerine etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

RILEM, (2008). Final report of RILEM TC 205-DSC: Durability of self-compacting concrete. *Materials and Structures (41),* 225-233.

DPT, (2001). VIII. Beş yıllık kalkınma planı madencilik özel ihtisas komisyonu raporu, endüstriyel hammaddeler alt komisyonu kimya sanayi hammaddeleri çalışma grubu raporu cilt II, Ankara, 179.

Aydın S, (2008). Development of a high-temperature-resistant mortar by using slag and pumice. *Fire Safety Journal 43,* 610–617.

Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O., (1998). Pomza Teknolojisi Cilt I, 285, Isparta.

Gündüz, L. ve Uğur, İ., (2005). The effects of different fine and coarse pumice aggregate/cement ratios on the structural concrete properties without using any admixtures. *Cement and Concrete Research, 35,* 1859–1864.

Bideci, Ö.S., Bideci, A., Gültekin, A., H., Oymael, S. ve Yıldırım, H. (2014). Polymer coated pumice aggregates and their properties, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.

Ceylan, B.T. (2019). *Erzurum yöresinde çıkartılan pomza ve perlitin seramik sanayisinde kullanılabilirliğinin araştırılması.* Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Elmastaş, N. (2012). Türkiye ekonomisi için önemi giderek artan bir maden: pomza (sünger taşı). *The Journal of The International Social Research,* 197-206.

M.T.A. (2018). Perlit. Maden Tetkik ve Arama, http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgimerkezi/perlit (23.11.2018)

Sağsöz, A.E. (2007). *Farklı kür şartlarının doğal perlit agregalı betonların mekanik özelliklerine etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.

Khanjarkhanı, A. (2014). *Ham perlit agregası ile üretilen hafif betonun asitlere karşı dayanıklılığı (H_2SO_4, HNO_3).* Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

TS EN 772-1, (2012), Kâgir birimler - Deney yöntemleri - Bölüm 1: Basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Şimşek, O. (2007). Beton ve beton teknolojisi, *Seçkin Yayınları*, Ankara.

ACI 213R-87, American Concrete Institute, Spectrum of light weight aggregates. USA.

Çimen, S. (2019). *Bor atığı ve perlit katkılı üretilen tuğlanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.

TÜRKİYE'DE İNŞAAT SEKTÖRÜNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN YÜKSEKTE ÇALIŞMA

Rıfat AKBIYIKLI*

**Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Müh.,Düzce, Türkiye*
E-mail: rifatakbiyikli@gmail.com

Şakir ARSLAN**

***Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. ABD. Düzce, Türkiye*
E-mail: sakirarslan82@hotmail.com

Sertuğ SÖNMEZ***

****Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. ABD. Düzce,Türkiye*
E-mail: srtgsonmez@gmail.com

Emre TEKİN****

*****Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. ABD.,Düzce,Türkiye*

E-mail: mr.tekin1986@gmail.com

Özet

Bu araştırmanın genel amacı; Ülkemizde inşaat sektöründe yüksekte çalışmanın ve iş sağlığı ve güvenliğinin önemi ile iş kazası maliyetlerinin değerlendirilmesidir. Ülkemizde iş kazalarının en yüksek olduğu sektörlerin başında inşaat sektörü gelmektedir. Ülkemizde gelişen teknoloji hızlı ve yüksek katlı inşaat yapımını mümkün kılmıştır. Meydana gelen kazalar büyük oranda yüksekten düşme neticesinde gerçekleşmekte olup buna bağlı olarak sakat kalma ve ölüm oranları yüksektir. Meydana gelen kazaların manevi kayıpları sosyal yaşantıyı, maddi kayıpları da ekonomiyi olumsuz yönde etkilemektedir. Yüksekte çalışmanın engellenemez olduğu inşaat sektöründe mevcut güvenlik yöntemlerine ek olarak, sektörün öncüsü işverenlerin İş Güvenliği kültürünün oluşmasında gerekli hassasiyeti göstermeleri, planlama, uygulama ve kontrol aşamalarında etkin ve yeterli donanıma sahip olmaları gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler:İnşaat sektörü, İSG, kaza, maliyet, yüksekte çalışma

1.Giriş

İnşaat sektörü 2016 yılı Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH) içindeki yaklaşık % 8,6'lık payının yanında yaklaşık 2

milyon istihdam ile ülkemizin en önemli sektörlerin başında gelmektedir. İstihdam edilenlerin büyük çoğunluğunun vasıfsız ve eğitimsiz olduğu değerlendirildiğinde, İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili yapılan çalışmalar ve eğitimlerin uygulamada istenilen sonuçları vermediği gözlemlenmektedir.

Şantiyelerdeki çalışma koşulları, iş kazalarının meydana gelmesinde uygun ortamlardır. İşverenlerin alınacak önlemlerin maliyet boyutunu değerlendirdiklerinden, İş güvenliği için alınacak tedbirler ikinci plana atılmaktadır. Özellikle orta ölçekli işletmelerde maliyet düşürmek için atılan ilk adım iş sağlığı ve güvenliği maliyetlerinin azaltılması yönünde olmaktadır. Bu durumda çalışanlar işsiz kalma ve iş kazası riski taşıyan ortamda çalışmak arasında kalarak güvensiz çalışma ortamında çalışmaya zorlanmaktadır. İş güvenliği konusu temelde sıfır kaza hedefi kültürüne dayanmaktadır. Yaşanan kazaların önlenebilir olduğu düşünüldüğünde, yıllardır tekrar eden iş kazası istatistikleri iş güvenliği konusunda ne kadar eksik olduğumuzu göstermektedir.

2012-2016 yılları arasındaki iş kazası istatistikleri incelendiğinde; inşaat sektöründe meydana gelen kazaların %29,7'si sürekli iş göremezlik ile %35,2'siölüm ile sonuçlanmış, ölümlü kazaların %40'ı yüksekten düşme neticesinde gerçekleşmiştir.

İş kazaları sonucunda ortaya çıkan maliyetler, doğrudan ve dolaylı maliyetler olarak iki ana başlıkta incelenebilir. Dolaylı maliyetlerin hesaplanması mümkün değildir.Dünyada iş kazası maliyetlerine yönelik il çalışmalardan olan Amerikalı ünlü araştırmacı W. HEINRICH tarafından gerçekleştirilen çalışmada kazaların dolaylı maliyetlerinin, doğrudan maliyetin en az dört en çok altı katı olduğu şeklindeki iddiasına yer verilmektedir. Bu kapsamda yapılan birçok araştırmada bu kabulün kullanıldığı görülmektedir(İş Kazaları, 2017). Ayrıca Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) verilerine göre gelişmiş ülkelerde iş kazalarının maliyeti Ülkelerin GSYH nin %1 i ile %3 ü arasında, gelişmekte olan ülkelerde ise %4 ün üzerinde olduğu tahmin edilmektedir (Ceylan, 2011).

Rakamlar göstermektedir ki iş kazaları sonucu oluşan maddi ve manevi kayıpların ülke ekonomisine olumsuz etkisi yüksek boyutlardadır. İş gücü kaybı bireysel olarak değerlendirilmemelidir. Çalışan bireyin gelir kaybı, bakmakla yükümlü olduğu diğer aile bireylerinin de ekonomik anlamda kayba uğraması ve muhtaç konuma düşmeleri anlamına gelmektedir. Bunun önüne geçmek için maliyet faktörü gözetilmeden her türlü iş güvenliği önlemi alınmalıdır.

2.İş Sağlığı ve Güvenliği

İSG, sağlıklı ve güvenli çalışma konularını ele alan bir alandır. Teknoloji ve sanayinin hızlanarak gelişmesi, yeni iş alanlarının açılması, istihdamın artması ile birlikte iş güvenliğinin önemi de artmaktadır. Alınmayan önlemler çalışanların sağlığını ve güvenliğini tehdit edecektir. İşçi sağlığı ve iş güvenliği çalışmalarında birinci amaç, çalışanların güvende olmalarını ve sağlıklarını

korumaktır.

İşyerlerinin olumsuz çalışma ortamlarından kaynaklanan riskler nedeni ile çalışanların sağlığı bozulabilir. Bu çalışmaların temel amacı sağlığı bozulan çalışanların teşhisi ve tedavisinden ziyade, çalışma ortamının sağlıklı ve güvenli bir ortam haline getirilmesini sağlayarak çalışanların zarar görmesini engellemektir.

İş sağlığı ve iş güvenliği çalışmalarının, sağlık ve güvenlik teriminden de anlaşılacağı üzere iki temel kapsamı vardır. Bunlardan biri tıbbi diğeri güvenlik kapsamıdır. İşyeri Hekimliğiolarak da adlandırabileceğimiz bu tıbbi kapsamının amacı; çalışanların sağlığının yapacakları işin ortamına uygun olup olmadığını belirlemek, uygun olmayanların çalıştırılmamasını sağlamak, iş ortamında karşılaşılacak risklere karşı tıbbi koruma önlemlerini uygulamak, çalışanların çalışma esnasında yaşadıkları sağlık sorunlarının yaptıkları işle alakalı olup olmadıklarını araştırarak gerekli tedbirleri almaktır. İşyeri Güvenliğiolarak adlandırabileceğimiz diğer kapsamının amacı ise; iş ortamındaki riskleri saptayarak bunların kontrol altına alınması için alınması gereken önlemleri belirleyerek güvenli bir çalışma ortamı sağlayan teknik-mühendislik boyutudur. Her iki kapsam birbirini tamamlar nitelikte olup ikisi birlikte İSG'nin bütününü oluşturur. Gerçekleşen iş kazalarının ve meslek hastalıklarının bir bölümü geçici iş göremezlik, sürekli iş göremezlik hatta ölüm ile sonuçlanmaktadır. Bu olayların manevi kayıplarının yanında maddi zararları da oldukça yüksek seviyede olup milli servet kaybının büyüklüğü iş sağlığı ve iş güvenliğinin önemini artırmaktadır.

İş güvenliğinin temel amacı iş kazalarından çalışanları korumaktır. Genel anlamda İş sağlığı ve güvenliği konusunda temel sorumlulukları devlet, işveren ve çalışan açısından olmak üzere üç başlıkta değerlendirebiliriz.

a)Devletin Sorumlulukları

Devlet, iş güvenliği konusunda mevzuat çıkartarak, oluşturduğu teşkilatlanma ile bu mevzuatların denetim ve yaptırım yoluyla uygulanmasını sağlar.

b)İşverenin Sorumlulukları

6331 sayılı İş sağlığı ve güvenliği kanunun 4. Maddesine göre işveren, çalışanların işle ilgili sağlık ve güvenliğini sağlamakla yükümlü olup bu çerçevede;

- Mesleki risklerin önlenmesi, eğitim ve bilgi verilmesi dâhil her türlü tedbirin alınması, organizasyonun yapılması, gerekli araç ve gereçlerin sağlanması, sağlık ve güvenlik tedbirlerinin değişen şartlara uygun hale getirilmesi ve mevcut durumun iyileştirilmesi için çalışmalar yapar.
- İşyerinde alınan iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uyulup uyulmadığını izler, denetler ve uygunsuzlukların giderilmesini sağlar.
- Risk değerlendirmesi yapar veya yaptırır.
- Çalışana görev verirken, çalışanın sağlık ve güvenlik yönünden işe uygunluğunu

göz önüne alır.

- Yeterli bilgi ve talimat verilenler dışındaki çalışanların hayati ve özel tehlike bulunan yerlere girmemesi için gerekli tedbirleri alır.

Aynı maddenin devam eden hükümlerinde özetle, iş verinin bu kapsamda alması gereken önlemleri uzman kişi yada kuruluşlara yaptırmasının kendi sorumluluğunu ortadan kaldırmayacağını, çalışanların yükümlülüklerinin iş verenin sorumluluğunu etkilemeyeceği ve iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin maliyetini çalışanlara yansıtamayacağı belirtilmiştir.

6098 sayılı Türk Borçlar Kanunun 66. Maddesinde "adam çalıştıranın sorumluluğu" başlığı altında işverenin sorumluluğu belirtilmiştir. Bu maddede özetle, işveren doğacak zararın meydana gelmemesi için gerekli özeni göstermek ve işletmenin düzenini çalışmaya elverişli hale getirmekle yükümlüdür. Meydana gelecek bir zararda bunu ispat etmediği takdirde doğacak zararı gidermekle yükümlü olup, zararın doğmasında çalışanın sorumluluğunu ancak onun bizzat sorumlu olduğu ölçüde rücu hakkına sahip olduğu belirtilmiştir.

c)Çalışanların Sorumlulukları

6331 sayılı İş sağlığı ve güvenliği kanunun 19. Maddesinde göre çalışanlar, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili aldıkları eğitim ve işverenin bu konudaki talimatları doğrultusunda, kendilerinin ve hareketlerinden veya yaptıkları işten etkilenen diğer çalışanların sağlık ve güvenliklerini tehlikeye düşürmemekle yükümlüdür. Ayrıca, işveren tarafından verilen eğitim ve talimatlar doğrultusunda yükümlülükleri bulunup bu çerçevede;

- İşyerindeki makine, cihaz, araç, gereç, tehlikeli madde, taşıma ekipmanı ve diğer üretim araçlarını kurallara uygun şekilde kullanmak, bunların güvenlik donanımlarını doğru olarak kullanmak, keyfi olarak çıkarmamak ve değiştirmemek.

- Kendilerine sağlanan kişisel koruyucu donanımı doğru kullanmak ve korumak.

- İşyerindeki makine, cihaz, araç, gereç, tesis ve binalarda sağlık ve güvenlik yönünden ciddi ve yakın bir tehlike ile karşılaştıklarında ve koruma tedbirlerinde bir eksiklik gördüklerinde, işverene veya çalışan temsilcisine derhal haber vermek.

- Teftişe yetkili makam tarafından işyerinde tespit edilen noksanlık ve mevzuata aykırılıkların giderilmesi konusunda, işveren ve çalışan temsilcisi ile iş birliği yapmak.

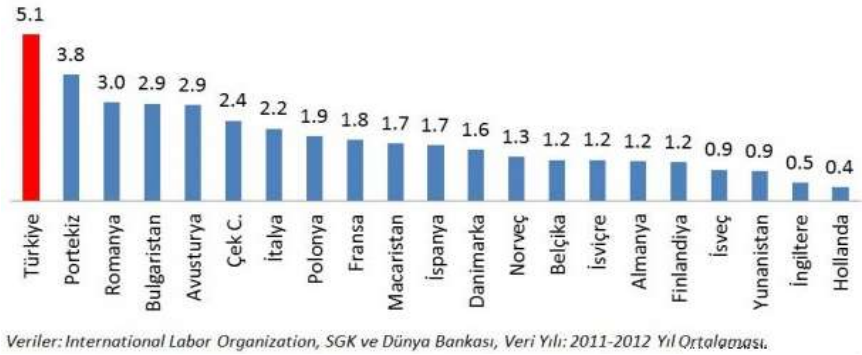
- Kendi görev alanında, iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması için işveren ve çalışan temsilcisi ile iş birliği yapmak.

Ayrıca 6098 sayılı Türk Borçlar Kanunun 66 maddesinde işverenin, doğacak zararda çalışanının bizzat sorumlu olduğu ölçüde rücu hakkına sahip olduğu belirtilmiş olup aynı kanunun 400. Maddesinde, "işçi, işverene kusuruyla verdiği her türlü zarardan sorumlu olduğu" belirtilerek desteklenmiştir.

3.Türkiye'de İş Kazaları

Dünyada olduğu gibi Ülkemizde de iş kazalarının varlığı önemli bir sorundur.

Şekil 1'de görüldüğü üzere Ülkemizde gerçekleşen iş kazaları verilerine bakıldığında birçok ülkeye kıyasla iş sağlığı ve güvenliği konusunda oldukça geride olduğumuz görülmektedir. İş kazalarının sıfırlanması veya en azından makul seviyelere indirilmesi adına İş sağlığı ve güvenliği konusunda düzenlemeler, gelişmelere bağlı olarak yenilenmekte veya arttırılmaktır. Cumhuriyet tarihimizde, 2 Ocak 1924 tarihinde çıkartılan "Hafta Tatili Yasası" ile başlayan ve günümüze kadar devam eden işçi sağlığı ve güvenliği ile ilgili pek çok yasal düzenleme yapılmıştır. Bu düzenlemelerin amacı belirttiğimiz gibi iş kazalarını azaltmak adına yapılmaktadır. Ancak iş kazası verileri göstermektedir ki iş sağlığı ve güvenliği konusunda günümüzde hala istenilen seviyelere ulaşılamamıştır.



Şekil 1. Farklı Ülkelerde İş Kazalarında Ölüm Oranı (100 bin Çalışan Başına Düşen) (SGK, 2015).

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile ülkemiz önemli bir adım atmış olup bu kanunun girdiği 2013 yılına kadar iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili 4857 sayılı İş Kanunu'nun da yer alan "İş Sağlığı ve Güvenliği" hükümlerinin yanında tüzük ve yönetmeliklerden faydalanılmaktaydı. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu bu anlamda ilk kapsamlı mevzuat olup daha çok önleme ve korumaya yöneliktir. Ancak Çizelge 1'de görüldüğü üzere kanunun yürürlüğe girdiği 2012 yılı sonrasında, 2013-2016 yılları istatistikleri incelendiğinde sigortalı sayısı her yıl ortalama %7,35 artmışken iş kazaları yıllık ortalama %14,4 (*2012 yılı iş kazası verileri kapatılan kaza dosyası sayılarını, sonraki veriler bildirimi yapılan iş kazalarını gösterdiğinden 2013 yılında ki artış dikkate alınmamıştır) oranında arttığı görülmektedir. Görüleceği üzere İSGK'nın yürürlüğe girmesi iş güvenliği kültüründe artı yönde bir değişim yapmamıştır.

Çizelge 1.5510 Sayılı Kanunun 4-1/a Maddesi Kapsamındaki Sigortalı Sayıları ile Kaza sayılarındaki artış(SGK istatistikleri,2012-2016).

YILI	TOPLAM SİGORTALI SAYISI	BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE ARTIŞ ORANI (%)	İŞ KAZASI SAYISI	BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE ARTIŞ ORANI (%)
2012	12.527.337	8,49	74.871	8,15
2013	13.136.339	4,86	191.389	155,63*
2014	13.967.837	6,33	221.366	15,66
2015	14.802.222	5,97	241.547	9,12
2016	15.355.158	3,74	286.068	18,43

3.1.İş Kazalarında İnşaat Sektörü

İnşaat sektöründe ve inşaat sektörünün dolaylı olarak bağlantılı olduğu yan sektörlerde oldukça çok insan çalışmaktadır ve büyük kısmı eğitimsiz ve vasıfsızdır. İnşaat sektörü iş güvenliği açısından en tehlikeli iş kollarının başında gelmektedir. Bunun sebeplerini; sektörde eğitimli ve vasıflı çalışan oranının düşük olması, her projenin kendine özgü özelliğinin olması ve risklerinin farklılık göstermesi, firmaların genelde küçük veya orta ölçekli olması ve kurumsallaşamamaları, çalışma ortamının sürekli değişmesi ve çalışmaların genellikle zemin seviyesinden yüksekte gerçekleştirilmesi olarak sıralayabiliriz.

Çizelge 2. İnşaat Sektöründe Çalışan Sayılarının Genel İstihdama Oranı (SGK istatistikleri, 2012-2016).

5510 Sayılı Kanunun 4-1/a Maddesi Zorunlu Sigortalılar Kapsamında Çalışan Sayıları ve Yüzdeleri (SGK 2012-2016)				
YILI	TÜRKİYE GENELİ	%	İNŞAAT SEKTÖRÜ	%
2012	11.939.620	100	1.789.487	14,99
2013	12.484.113	100	1.849.942	14,64
2014	13.240.122	100	1.875.929	14,17
2015	13.999.398	100	1.980.630	14,15
2016	13.775.188	100	1.887.099	13,70

Çizelge 2’deki verilere bakıldığında 2012 yılından 2015 yılına kadar Ülke genelinde olduğu gibi inşaat sektöründe çalışan sayıları artmış olsa da oransal anlamda Ülke genelindeki artışın gerisinde kalmıştır. 2016 yılında ise genelde ve inşaat sektöründe bir düşme söz konusudur. Kayıt dışı istihdamı da dikkate aldığımızda inşaat sektörü yaklaşık %15 istihdam oranı ile Ülkemizde lokomotif sektörlerden biridir.

Çizelge 3. İş Kazası Sonucu Ölen Sigortalıların Ekonomik Faaliyet Sınıfları (SGK istatistikleri, 2012-2016).

Ekonomik Faaliyet Sınıfı	İş Kazası Sonucu Ölen Sigortalı Sayıları									
	2012		**2013**		**2014**		**2015**		**2016**	
Kömür ve Linyit Çıkartılması	20		36		335		26		11	
Diğer Madencilik Ve Taş Ocak.	17		28		38		40		64	
Gıda Ürünleri İmalatı	13		35		30		23		32	
Metalik Olmayan Ürünler İma.	22		48		49		46		48	
Fabrik.Metal Ürün.(Mak.Tec.Har)	25		35		31		37		27	
Bina İnşaatı	127	**256**	296	**521**	260	**501**	239	**473**	239	**496**
Bina Dışı Yapıların İnşaatı	66		121		143		124		130	
Özel İnşaat Faaliyetleri	63		104		98		110		127	
Toptan Tic.(Mot.Taşıt.Onar.Hariç)	9		35		31		24		44	
Perakende ticaret (Mot.kara taş. ve mot.har.)	23		35		38		33		40	
Kara Taşıma ve Boru Hattı Taşıma.	73		183		172		162		179	
Kaza Say. 30 altı olan Diğ. 87 Faaliyet Sınıfının Toplamı	286		404		401		388		464	
Toplam	744		1360		1626		1252		1405	

SGK, sektör bazında iş kazalarını; bina inşaatı, bina dışı yapıların inşaatı ve özel inşaat faaliyetleri olmak üzere inşaat sektörünü üç farklı ekonomik sınıfta değerlendirmiştir. Çizelge 3'te 2012-2016 yıllarında iş kazalarında ölen sigortalıların faaliyet sınıflarına göre dağılımı görülmektedir. Belirtilen yıllar arasında inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarında ölen sigortalı sayısı ile tüm sektörler bazında birinci sırada yer almaktadır.

Çizelge 4'te 2012-2016 yıllarında Türkiye genelinde ve inşaat sektöründe meydana gelen iş kazaları ile sürekli iş göremezlik (çalışma gücünün en az %10 kaybedilmesi durumu) ve ölüm ile sonuçlanan vakaların sayısal değerleri görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde son yıllarda Türkiye genelinde ve inşaat sektöründe iş kazalarında artış gözlenmektedir. 2016 yılında istihdam 2013 yılına göre 4/a kapsamında tüm çalışanlar için yaklaşık %10, inşaat sektöründe çalışanlar da ise yaklaşık % 2 oranında artmıştır. İş kazası istatistikleri ise aynı dönemde, genelde ve inşaat sektöründe % 50'nin üzerinde artmıştır. Bu oranlar göstermektedir ki iş güvenliği, ülkemizde negatif yönde seyrini devam ettiriyor.

Çizelge 4.Türkiye'de ve İnşaat Sektöründe İş Kazalarının Genel Görünümü (SGK istatistikleri, 2012-2016).

Yıl	Toplam Sayı				Sürekli İş Göremezlik				Ölüm			
	Türkiye Geneli	%	İnşaat Sektörü	%	Türkiye Geneli	%	İnşaat Sektörü	%	Türkiye Geneli	%	İnşaat Sektörü	%
2012	74.871	100	9.209	12	2.036	100	563	27,7	744	100	256	34,4
2013	191.389	100	26.967	14	1.660	100	463	27,9	1.360	100	521	38,3
2014	221.366	100	29.699	13	1.421	100	404	28,4	1.626	100	501	30,8
2015	241.547	100	33.361	14	3.433	100	979	28,5	1.252	100	473	37,8
2016	286.068	100	44.552	16	4.447	100	1.450	32,6	1.405	100	496	35,3
Ortalama	203048,2	100	28757,6	13,8	2599,4	100	771,8	29	1277,4	100	449,4	35,3

İnşaat sektöründeki kazaların tüm kazalara oranı incelendiğinde, ortalama %2 oranında arttığı söylenebilir. İnşaat sektörünün istihdamda ki payının yaklaşık %15 olmasına karşın, tüm kazaların ortalama %13,8'inin bu sektörde olması, kaza sıklığı açısından Türkiye geneline göre küçük bir oranla daha iyi durumdadır.

SGK verilerine göre, ülkemizde iş kazalarında en fazla sürekli iş göremezlik ve ölüm vakası inşaat sektöründe yaşanmaktadır. İnşaat sektörü ortalama 2012-2016 yılı verilerine göre yıllık ortalama 772 sürekli iş göremezlik, 450 ölüm vakası ile en tehlikeli sektör olmuştur. İnşaat işkolunun istihdam oranının yaklaşık %15 olmasına karşın, ölüm vakalarının yaklaşık %35'inin sürekli iş göremezlik vakalarının %29'u bu sektörde olması inşaat sektöründe iş güvenliğinin durumunu göstermektedir.

Tüm bu veriler değerlendirildiğinde, inşaat sektöründe iş kazalarının istihdam oranına göre mevcut kazalara oranının düşük, ancak sonuçlarının büyük olduğu görülmektedir. Yaşanan ölüm ve sakatlanma ile sonuçlanan iş kazaların yaklaşık 1/3 ü inşaat sektöründe meydana gelmektedir.

SGK yıllık istatistiklerinde iş kazaları ile ilgili bazı veriler bulunmakla birlikte iş kolu bazında detaylı veriler bulunmamaktadır. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yapı İşletmesi Anabilim Dalı tarafından, 1979 ile 2010 yılları arasında Türkiye'deki şantiyelerde meydana gelen 5239 iş kazası incelenerek kaza tiplerine göre analizler yapılmıştır. İncelenen örnek olayların 4347'si SGK Genel Müdürlüğü arşivlerindeki iş kazası dosyalarından, 892'si de mahkemelere intikal etmiş olan iş kazaları için düzenlenmiş bilirkişi raporlarından elde edilmiştir.İncelenen iş kazalarının tipleri ve sayısal dağılımı Çizelge 5'de gösterilmiştir (Müngen, 2011, s.33).

Çizelge 5.Türkiye'de ve İnşaat Sektöründe İş Kazalarının Genel Görünümü(Müngen, 2011, s.34).

No.	Ana Gruplar	Ölüm		Yaralanma		Toplam	
	Kaza Tipi	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
1	İnsan Düşmesi	1028	42,9	934	32,9	1962	37,4
2	Malzeme Düşmesi	251	10,5	278	9,8	529	10,1
3	Malzeme Sıçraması	10	0,4	211	7,4	221	4,2
4	Kazı Kenarının Göçmesi	138	5,8	53	1,9	191	3,6
5	Yapı Kısmının Çökmesi	167	7,0	73	2,6	240	4,6
6	Elektrik Çarpması	293	12,2	80	2,8	373	7,1
7	Patlayıcı Madde Kazaları	50	0,2	82	2,9	132	2,5
8	Yapı Makinası Kazaları	206	8,6	97	3,4	303	5,8
9	Uzuv Kaptırma	1	0,0	604	21,3	605	11,5
10	Uzuv Sıkışması	1	0,0	200	7,0	201	3,8
11	El Aleti İle Ele Vurma	0	0,0	42	1,5	42	0,8
12	Sivri Uçlu Keskin Ken Cis. Yara.	0	0,0	75	2,6	75	1,4
13	Şantiye içi Trafik Kazaları	168	7,0	38	1,3	206	3,9
14	Diğer Tip kazalar	85	3,5	74	2,6	159	3,0
	Toplam	**2398**	**100,0**	**2841**	**100,0**	**5239**	**100,0**

İncelenen 5239 İş Kazasının "Kaza Tipleri" ne Göre Dağılımı (Ana Gruplar)

Yukarıdaki tablodaki veriler incelendiğinde ölüm ile sonuçlanan kazalar arasında insan düşmesi tipindeki kazalarda yaklaşık %43'lük, yaralanmalı kazalarda ise yaklaşık %33'lük önemli oranlar ile ilk sırada yer almaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere inşaat sektöründe ölümle sonuçlanan en önemli kaza tipi insan düşmesi sonucunda gerçekleşen kazalardır.

4.Yüksekte Çalışma

Yükseklik kavramı, sözlük anlamı ile belirli bir düzlemden yukarı doğru uzaklık olarak tanımlanmıştır. Genel ifadeyle adım atarak çıkılamayacak yer olarak da tanımlanabilir. Bu konuda kesin bir ifade yoktur, kişinin beden özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. İngiltere'de ise 2005 yılında yürürlüğe giren 'Yüksekte Çalışma Yönetmeliğiyüksekte çalışma mesafesini 2 m. olarak belirtirken daha sonra yükseklik için 'Düşme sonucu insanın yaralanmasına neden olabilecek mesafe' olarak tanımlanmıştır (Ardıç, 2011, s.293-294).

Ülkemiz mevzuatlarında tehlikeli yükseklik kavramı ile ilgili kesin bir tanım bulunmamakla birlikte Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin Ek-4. maddesinde "Seviye farkı bulunan ve düşme sonucu yaralanma ihtimalinin oluşabileceği her türlü alanda yapılan çalışma; yüksekte çalışma olarak kabul edilir" şeklinde ifade edilmiştir. Bu kavramdan yola çıkarsak herhangi bir ölçü belirtilmediğinden seviye farkı bulunan tüm yüksekliklerden düşme sonucunda gerçekleşen kazaları yüksekten düşme olarak değerlendirebiliriz.

Dünyanın farklı yerlerinde yükseklik kavramı için farklı mesafeler üzerindeki çalışmaları yüksekte çalışma olarak kabul edildiği görülmektedir. Örneğin,

Amerika' da 1.2 metre üzerindeki çalışmaları yüksekte çalışma olarak kabul edilirken, bir çok Avrupa Birliği ülkesinde bu mesafe 1.8 metre olarak kabul edilerek bu mesafelerin üzerindeki çalışmalarda kişisel koruma ekipmanlarının kullanımının zorunlu olduğu belirtilmiştir. OSHA (OccupationalHealthAndSafety Administration) standartlarına 1.8 metre üzerinde yapılan çalışmalar için çalışanların korunması için uygun olan düşmeyi önleme ekipmanlarının bulunması gerekmektedir. İngiliz standartlarında ise her mesafedeki düşmelerin yaralanma riski içerdiği değerlendirilmiş ve her risk grubuna göre farklı önlemler alınması gerektiği belirtilmiştir. Ancak kıstas olarak 2 metre mesafe belirlenmiş olup, 2 metrenin altında ve üstündeki düşme tehlikesi içeren çalışma alanları içinfarklı güvenlik önlemleri istenmektedir. Anlaşılacağı üzere seviye farkı bulunan her yükseklikte çalışma için yüksekte çalışma önlemi alınması gerekmekte olup, 2 metre ve üzerindeki mesafelerde çalışılan alanlar için tehlikeli yükseklik değerlendirilmesi yapılmış alınacak önlemlerin daha ayrıntılı olması gerektiği belirtilmiştir(Peşan, 2011, s.2).

Seviye farkı bulunan her yükseklik için çalışanların mutlaka yeterli güvenlik sistemleri ve metotları ile korunması gerekir. Unutmayalım ki OSHA istatistikleri 3,4metre üzerinde çalışırken düşen insanların %85'inin hayatını kaybettiğini göstermektedir (Aydın, 2007, s.159).

5.İş Kazalarının Maliyetine Genel Bakış

ILO verilerine göre gelişmiş ülkelerde iş kazalarının maliyeti Ülkelerin GSYH nin %1'i ile %3'ü arasında, gelişmekte olan ülkelerde ise %4 ün üzerinde olduğu tahmin edilmektedir(Ceylan, 2011).

Türkiye'nin 2016 GSYH'sı yaklaşık 2.591 miyar TL dir. ILO verileri üzerinden yapılan hesaplama ile 2016 yılı iş kazalarının ülke ekonomimize verdiği zarar yaklaşık (2016 GSYH x %4) 104 milyar TL'dir. Ülkemizde 2016 yılı merkezi bütçe giderlerinin 583,7 milyar TL olarak gerçekleştiğini düşünürsek, iş kazası ve meslek hastalıklarının maliyeti bütçe giderlerimizin yaklaşık %18'i ne karşılık gelmektedir.

2016 yılı bakanlıklara ayrılan bütçelere bakıldığında, Milli Eğitim Bakanlığına 78 milyar TL, Sağlık Bakanlığına 53 milyar TL, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığına 43 milyar TL bütçe ayrıldığı görülmektedir. 2016 yılı iş kazaları ve meslek hastalıklarının ekonomik kaybının yaklaşık 104 milyar TL olduğu düşünülürse bu kaybın ne denli büyük bir kayıp olduğu belirtilen Bakanlık bütçeleri ile karşılaştırıldığında daha iyi anlaşılmaktadır.

6.Sonuçlar ve Öneriler

2013 yılında yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası ortaya çıkan sorunların giderilmesinden ziyade muhtemel sorunların önlenmesine yönelik bir mantık ve sistem ile çıkarılmış olsa da veriler, uygulamada istenilen sonuçlara ulaşılamadığını göstermektedir.

2012-2016 yılları arasındaki verilere göre Türkiye' de iş kazalarının %13,8 i inşaat sektöründe gerçekleşmişken ölümlü iş kazalarının %35,3 oran ile inşaat

sektörü ilk sırada yer almaktadır.

İnşaat sektöründe gerçekleşen ölümlü iş kazalarının yaklaşık %40'ı yüksekten düşme neticesinde meydana gelmiştir.

İş kazalarının ülke ekonomisine vermiş olduğu zarar oldukça yüksektir.

Gerek özel gerekse kamu sektöründe İSG maliyetlerinin, proje maliyetlerinde, teklif veya sözleşmelerde yer alması zorunlu hale getirilmelidir. Bu kapsamda yapılan yatırımlar belgelenmelidir.

İş Sağlığı ve Güvenliğinin tarafları olan işverenler ve çalışanlara düzenli olarak eğitim verilerek iş güvenliği kültürünün oluşması sağlanmalıdır.

Denetimlerin artırılarak, özellik ile yüksekte çalışma ile ilgili toplu koruma önlemlerini almayan işletmelerinin çalışmaları durdurulmalıdır.

Özellikle yüksekte çalışmayı gerektiren durumlarda toplu koruma sistemleri zorunla hale getirilmeli, kişisel koruma sistemlerinin kullanımı ile güvenlik çalışanların inisiyatifine bırakılmamalıdır.

İş Sağlığı ve Güvenliği görevlilerinin işverenler ile aidiyet bağının koparılması, oluşturulacak bir sistem ile eğitim ve denetim görevlerini daha sağlıklı yapmaları sağlanmalıdır.

Bibliyografya

Ardıç, B.,“ İnşaat Sektöründe Yüksekte Çalışma”, 3. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, Çanakkale, Türkiye, 2011, ss. 293-304.

Aydın, M.,“ Yüksekten Düşmeyi Önleme Sistemleri”, 1. İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, Ankara, Türkiye, 2007, ss. 157-179.

Ceylan, H., (2011), "Türkiye'deki İş Kazalarının Genel Görünümü Ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslanması", 18 Ağustos 2017.Erişim adresi: https://dergipark.org.tr/download/article-file/353328

İş Kazaları, 18 Ağustos 2017, Erişim adresi:http://www.baskentfreze.com/FileUpload/bs544200/File/40-is-kazalari.pdf

Müngen, U.,“İnşaat Sektörümüzdeki Başlıca İş Kazası Tipleri”, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 469-2011/5, ss. 33-34.

Peşan, S., “Yapı İşlerinde Yüksekten Düşmeyi Önleme Sistemleri”, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, Türkiye, Etüd, 2, 2011.

Sosyal Güvenlik Kurumu, İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları Yıllık İstatistikleri, 2012.

Sosyal Güvenlik Kurumu, İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları Yıllık İstatistikleri, 2013.

Sosyal Güvenlik Kurumu, İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları Yıllık İstatistikleri, 2014.

Sosyal Güvenlik Kurumu, İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları Yıllık İstatistikleri, 2015.

Sosyal Güvenlik Kurumu, İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları Yıllık İstatistikleri, 2016.

Sosyal Güvenlik Kurumu'nun İş Kazaları ve Meslek Hastalıklarına İlişkin 2015 Yılı İstatistikleri, 26 Aralık 2017, Erişim adresi:https://www.isghaberleri.com/haber/sosyal-guvenlik-kurumu-sgk-nun-is-kazalari-ve-meslek-hastaliklarina-ilskin-2015-yili-istatistiklerini-yayimladi/36/

TÜRKİYEDE YAPI MALİYETİ TAHMİNİNDE BİRİM FİYAT YÖNTEMİ – YAPI YAKLAŞIK MALİYETLERİ KIYASLAMASI

Rıfat Akbıyıklı*

**Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,İnşaat Mühendisliği, Düzce, Türkiye*
E-mail: rifatakbiyikli@gmail.com

Sertuğ Sönmez **

***Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. ABD. Düzce, Türkiye*
E-mail: srtgsonmez@gmail.com

Şakir Arslan ***

****Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. ABD. Düzce, Türkiye*
E-mail: sakirarslan82@hotmail.com

Emre Tekin****

*****Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. ABD. Düzce, Türkiye*
E-mail: mr.tekin1986@gmail.com

Özet: Bu araştırmada; Türkiye'de yapı maliyeti tahmininde yaygın olarak kullanılan ve en önemli veri tabanları olarak kabul edilen "inşaat birim fiyat yöntemi" (BFY) yaklaşımının maliyet tahmini performanslarının belirlenmesi, kıyaslanması ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. İnşaat sektöründe artan rekabet ortamı, projelerde kar paylarının düşmesine yol açmaktadır. Buna bağlı olarak da hem işveren hem de yüklenici yönünden yapım maliyeti tahmini çalışmalarının önemi artmaktadır. Maliyet tahmini için; inşaat ön keşifleri çoğunlukla genel kabullere dayalı olarak belirlenmekte ve bu nedenle de öngörülen maliyetlerin gerçekleşme düzeyleri oldukça düşük olmaktadır. Bu gibi yetersizlikler, inşaat sektöründe yapılan işlerin maliyetlerine ve sürelerine yönelik tahminlerde ciddi sapmalara neden olmaktadır. Bu da öngörülen bütçenin aşılması başta olmak üzere, önemli kayıplara neden olmaktadır. İnşaat birim fiyat yöntemi; yapım işlerinin uygulama projesi evresine yönelik olarak hazırlanmıştır. Bu yöntemin; teknolojik yeniliklere açık olmaması, birim fiyatların imalatın yapılacağı yer vb. faktörler gözetilmeden hazırlanmış olması, bazı yapım işlerinin poz numarasının ilgili veritabanı kapsamında yer almaması ve güncelleme periyodunun ülkenin ekonomik koşullarına uygun olmaması gibi bazı temel problemlere sahip olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada Yapı Maliyeti Tahmininde Birim Fiyat Yöntemi-Yapı Yaklaşık Maliyetleri Kıyaslaması yapılmış olup; kamu yönetimi ile özel sektör tarafına yönelik iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur. Özette bahsi geçen konular makale içerisinde detaylandırılacaktır.

Anahtar Kelimeler: İnşaat sektörü, yaklaşık maliyet, birim fiyat, metraj, imalat, ekonomi

1.Giriş

Yaşadığımız dünyada planlama ve programlama hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Tüm iş sektörlerinde olduğu gibi inşaat sektöründe de planlama ve programlama çok önemli bir yere sahiptir.

Her bir inşaat projesinde belirli bir plana sahip olmak, iş programını uygulayabilmek ve bu programa uyabilmek çok önemlidir. Proje içerisindeki değişkenlerin fazla olması en çok maliyet tahminlerinde kendisini göstermektedir. Çoğu projede maliyet tahminleri kesin hesaplarla örtüşmemiş tahminler ve reel fiyatlar arasında sapmalar yaşanmıştır.

Günümüzde inşaata dair en ufak bir imalatta bile işin uzmanı olunmasa dahi, hangi malzemeden ne miktarda kullanılacağı, ne kadara mal edileceği, ustaya kaç gün ihtiyaç duyulacağı, ne kadar yevmiye verileceği kabataslak hesaplanmaktadır. Bütçe yeterliyse işe başlanır, yetersizse ertelenir ya da planlanan iş bütçe oranında azaltılır.

Günlük hayatta örneğin bahçede yapılacak bir saksılık çalışmasında hesaplamalar ne kadar tutsa da küçük, orta ve büyük ölçekli, ulusal ya da uluslararası tüm projelerde genel geçer yöntemlere nazaran daha bilimsel, mühendislik çalışmasına dayanan yöntemlerin kullanılması gerektiği kaçınılmaz bir gerçektir.

İnşaat sektöründeki çekişme, yüklenicilerin kar yüzdelerinin azalmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda işveren ve yüklenici yönünden yapım maliyeti tahmini çalışmaları daha çok önem arz etmektedir. (Birsen ve Dikmen, 2009, s.253). Kabul edilebilir bir maliyet çalışması, yöneticiler için de önemli bir etmendir. Çünkü yapım maliyeti tahmininin erken aşamalarda doğru olarak yapılabilmesi, proje yöneticisine yeterli alternatifler ve yanlış çözümlerden kaçınma olanağı sağlayacaktır(Arafa ve Alqedra, 2011).

İnşaat sektöründe bulunan yatırımcı, mal sahibi, girişimci, tasarımcı, firmalar ve denetleyiciler; bina yapım maliyetlerini tahmin etmede, tasarım alternatiflerini ve inşaat teknolojilerini belirlemede, teklif hazırlamada ve değerlendirmede birim fiyat yöntemini yaygın bir şekilde kullanmaktadır(Aliefendioğlu, Mendeş ve Mendeş, 2016, s.874).

Maliyet tahmini için; İnşaat işlerinin ön keşiflerinde genellikle kabullere dayalı olarak hesaplama yapılır. Bu yüzden Öngörülen maliyetlerin gerçekleşme oranı düşük seviyelerdedir. İşte bu yetersizlikler, sektörde yapılan işlerin maliyetlerine ve sürelerine yönelik tahminlerde büyük yanılmalara sebep olmaktadır(Öcal ve Kadırhan, 2009). Literatürde, projelerde ortaya çıkan maliyet sapması yüzdelerinin %30 - %40'larda olduğu görülmüş ve sonuçların olağan olduğu ifade edilmiştir(Finnie, Wittig ve Desharnais, 1997).

Üretime yönelik yapılan çalışmaların her adımında maliyetin tahmin edilebilmesi ve denetlemenin yapılabilmesi için tercih edilen yollar, gayelerine göre farklılık gösterebilmektedir. Avrupa'da kamu inşaat projelerinde yalın bir

planlama düşüncesiyle 1900'lerin ortalarında ortaya çıkmış olan tahmin kavramı, 1980'lerden itibaren yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları neticesinde sınıflandırılmaya başlanmıştır (Akınbingöl ve Gültekin, 2005, Uğur, 2009). Yapım maliyeti tahmini yöntemleri, genel olarak; yaklaşık maliyet tahmin yöntemleri ve detaylı maliyet tahmin yöntemleri olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Yaklaşık maliyet tahmin yöntemleri; kısa süre içerisinde hazırlanan ve maliyeti kabaca tahmin etmeye yarayan yöntemleri içerir. Detaylı maliyet tahmin yöntemleri ise işin yapılabilmesi için gerekli olan bütün bileşenlerin miktarlarının ve maliyetlerinin tespitine dayanır (Akbıyıklı, 2012). Türkiye'de yaklaşık yapım maliyeti tahmininde yaygın olarak kullanılan T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından sunulan veriler; İnşaat birim fiyat yöntemi (BFY) ile Yapı yaklaşık maliyetleri (birim alan maliyeti yöntemi, BAMY) olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır (Çıracı ve Polat, 2005, Uğur, 2007). Bilindiği gibi, birim fiyatı oluşturan girdiler; işgücü, makine-teçhizat ve malzemedir(Uğur, 2006). İnşaat birim fiyat yöntemi (BFY) kapsamında; işgücü (düz işçi, duvar ustası, demir ustası vb.), makine-teçhizat (ekskavatör, buldozer, konkasör vb.) ve malzeme (tuğla, kum, çimento vb.) girdilerinin her biri için bir poz numarası belirlenerek o işin kısa bir tanımı yapılmış, işin birimi ve birim fiyatı tek tek belirlenip liste haline getirilmiştir.

Yapım maliyetinin tahmininde bütün dünyada gerçeğe en yakın sonuç veren maliyet tahmin yöntemi olarak bilinmekte ve kullanılmaktadır. Türkiye'de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Milli Savunma Bakanlığı, Vakıflar Genel Müdürlüğü, Karayolları Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve İller Bankası A.Ş. gibi çok sayıda kuruluş, uzun yıllardır Birim Fiyat Sistemine uygun çalışmalarda bulunmakta, kendi alanlarına ilişkin tarif, rayiç ve birim fiyatlar yayımlamaktadır(Aliefendioğlu, Mendeş ve Mendeş, 2016).

Birim fiyatları gösteren liste her yıl güncellenmekte olan bir veritabanı olarak düşünülebilir. Bahsedilen BFY sistemi çerçevesinde; yapılacak iş için gerekli olan girdilerin miktarlarının hesaplanmasının (metraj) ardından, veritabanında yer alan birim fiyatlarla, hesaplanan miktarların çarpılması suretiyle girdilerin yaklaşık maliyetleri hesaplanabilmektedir. İhale öncesinde hesaplanan yaklaşık maliyet değeri üzerinden, isteklilerce yapılan tekliflerin uygun olup olmadığı (aşırı düşük teklif vb.) değerlendirilmektedir. Yapım işlerinin tamamen hazır olan bir projesinin uygulama aşaması için Bakanlık tarafından açıklanmış ve yürürlükte olan inşaat birim fiyat yöntemi; Dünyadaki gelişen teknolojiye ayak uyduramaması, birim fiyatların imalatın yapılacağı yer vb. gibi etmenlere önem verilmeden hazırlanması, yapım işlerinde bazı poz numaralarının ilgili veritabanı içinde bulunmaması ve bahse konu olan bu fiyatlarının güncelleme dönemlerinin ülkedeki ekonomik ve piyasa koşullarına uygun olmaması gibi bazı temel problemlere sahip olduğu bilinmektedir(Çıracı ve Polat, 2005).

Birim fiyat modelinin gelişmiş ülkelerden Amerika'da nasıl uygulandığı, "R.S. MeansCompany Inc." Kurumu'nun birim fiyat oluşturmadaki çalışmaları ve birim fiyatın Türkiye'de nasıl yapılandığı ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı-Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı'nın birim fiyat oluşturmadaki çalışmaları

incelenmiş ve daha etkin, gerçekçi, ihtiyaçları karşılayan birim fiyatın nasıl oluşturulması gerektiği yönünde öneriler getirilmiştir(Aliefendioğlu, Mendeş ve Mendeş, 2016, s.874).

Yine T.C. -Çevre ve Şehircilik Bakanlığı- tarafından düzenlenen yapı yaklaşık maliyetleri (birim alan maliyeti yöntemi, BAMY), hem kamu hem de özel sektördeki yapıların tasarım evresinde yapım maliyeti tahmini için yaygın olarak kullanılmaktadır. BAMY yönteminin temel misyonu; gerçekleştirilmesi planlanan yapım işlerinin, işverenlerin yatırım planında yer alması sürecinde hesaplama aracı olarak kullanılmasıdır. Bu yöntemde birim alan maliyeti olarak, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca oluşturulan birim alan ile ilgili istatistikler kullanılmaktadır. Yapının işlevine göre gruplandırılmış olan bu maliyetler, her yıl enflasyona göre güncellenerek yayımlanmaktadır. İnşa edilecek yapının toplam inşaat alanı ile bakanlığın oluşturduğu birim alan maliyeti çarpılmak suretiyle yapının yaklaşık yapım maliyeti belirlenmektedir. Bu yöntem, pratik olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmakla birlikte, sadece inşaat alanını dikkate alması nedeniyle tasarımları birbirinden tamamen farklı ancak inşaat alanları aynı olan iki yapım işi için aynı maliyet değerini verebilmektedir. Bu nedenle, BAMY ile hesaplanan yaklaşık yapım maliyeti ile reel yapım maliyeti arasında önemli farklılıkların olduğu bilinmektedir.Yapım maliyetinin gerçeğe olabildiğince yakın olarak tahmin edilebilmesi, hem işveren hem de yüklenici için büyük önem arz ettiğinden dolayı, maliyet tahmininde daha gerçekçi sonuçlara ulaşmaya olanak sağlayacak yöntem geliştirme çabaları hep süregelmiştir(Atiş, Bayram, Oral ve Öcal, 2016).

2.Yöntem

Bir yapım işi kapsamında yapılması planlanan imalatların maliyetlerinin geleceğe yönelik bir şekilde hesaplanmasıyla, yapım maliyetinin geleceğe yönelik olarak hesaplanması mümkün olabilir (Uğur, 2009). Ancak inşaat sektöründe yer alan projelerin; kullanım amaçlarının (eğitim, sağlık vb.) ve tasarımlarının birbirinden farklı olması, yapım sürelerinin uzun olması, proje girdilerinin (işveren, yüklenici, kullanılan malzeme-ekipman vb.) farklı olması ve başlangıçta belirlenen isteklerin yapım süresince değiştirilebilmesi gibi sebeplerden dolayı, yapım maliyetlerinin önceden belirlenmesi zordur(Göktürk, 2007, Kolaylıoğlu, 2006). Türkiye'de istatistiksel verilerin kapsamının darlığı gibi nedenlerle yapım maliyeti tahminleri gerçekleşme maliyetini yakalayamamaktadır(Göktürk, 2007). Bu çalışmada; öncelikle her bir yapım işinin ihale dosyasından, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından her yıl güncellenerek yayımlanan inşaat birim fiyat yöntemi (BFY) kapsamında hesaplanmış olan ihale öncesi yaklaşık maliyet tutarları temin edilmiştir. Daha sonra, "T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı -Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ-" "adı altında her yıl güncellenerek yayımlanan ve birim alan maliyeti yöntemi (BAMY) olarak bilinen yöntem kullanılarak yaklaşık yapım maliyeti tutarları hesaplanmıştır. İncelenen projelerin büyük çoğunluğunun tamamlanması bir takvim yılında bitirildiğinden, bir başka ifadeyle bu projeler yıllara

sariolmadığından dolayı, bu projeler için sadece başlangıç yılına ait tebliğ göz önüne alınmıştır. Son olarak da; kıyaslamada esas alınmak üzere, her bir yapım işinin ihale dosyasından reel yapım maliyetleri (ihale bedelleri) temin edilmiştir.Çalışma kapsamında kullanılan yaklaşık maliyet ve reel yapım maliyeti verileri, 4734 sayılı mevcut kamu ihale kanununa göre ihale edilmiş ve 2019 yılı içerisinde yapımına başlanmış 2 kamu yapım işine ait ihale dosyasından elde edilmiş ve giriş kısmında da belirtilmiştir.

Yaklaşık maliyet hesaplama aşamaları aşağıdaki şekildedir;

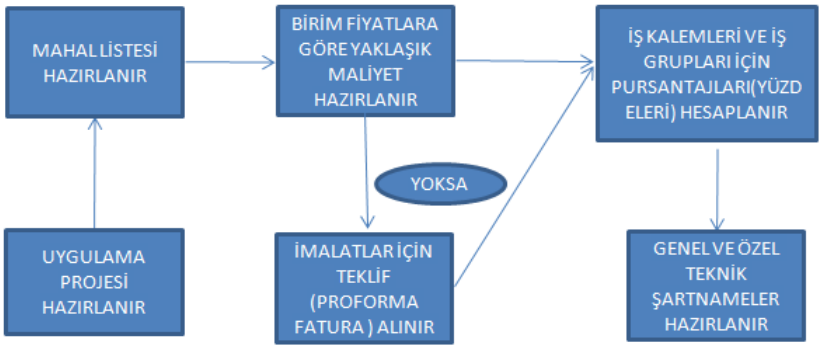
1- Proje ve Teknik Şartnameler hazırlanır.

2-Projeye ait Mahal Listesi hazırlanır.

3- Projeye ait İmalat Miktarları ve İmalat Metrajları çıkarılır.

4- Yaklaşık Maliyet Hesap Cetveli hazırlanır.

5- İşin kısımlarına ait iş kalemleri pursantajları(yüzdeleri) hesaplanır(Akbıyıklı, Akdık, Uğur, 2017).



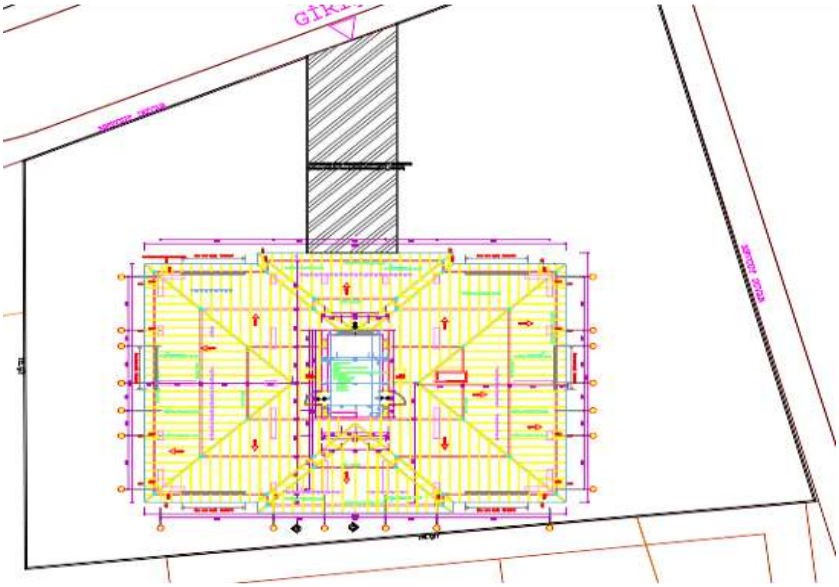
Şekil 1. Yaklaşık Maliyet Hazırlama Aşamaları

3.Uygulama

Bu çalışmada amaç, inşaat sektöründe maliyet hesaplanırken kullanılan birim fiyat yönteminin(BFY)yapı yaklaşık maliyetlerine (BAMY) yakın değerlerde olup olmadığını karşılaştırmak, BFY ve BAMY 'ne ek olarak ihale sürecinde verilen tekliflerle yani reel piyasa fiyatlarıyla beraber değerlendirmektir.Çalışmamızda iki adet proje incelemeye alınmıştır. Bunlardan birincisi Düzce'de yapımı devam eden bir anaokulu inşaatıdır. İkincisi ise yine Düzce'de yapımı devam eden bir adetaile sağlığı merkezi projesidir.

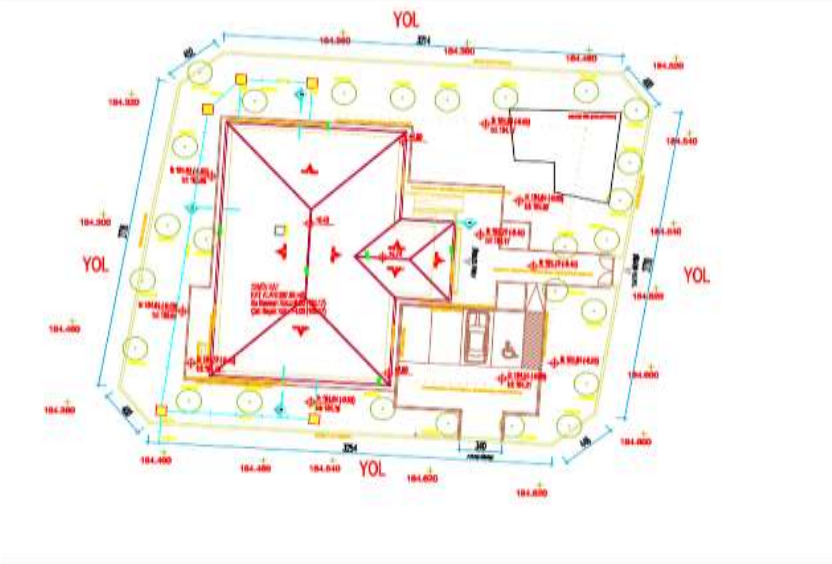
Çalışmanın ilk bölümünde; inşaat ekonomisinin yapısı, risklerin yönetimi ve ülke koşulları gibi yapı işletmesini etkileyen temel kavramlardan bahsedilmiştir. Birim fiyat tanımı, birim fiyatların belirlenmesi, yaklaşık maliyet tanımı, yaklaşık

maliyete neden ihtiyaç duyulduğu ve yaklaşık maliyetin önemine değinilmiştir.Araştırmaya esas olan anaokulu ve aile sağlığı merkezi projesine ait maliyetler incelenmiştir. Belirlenen bu maliyetler analiz edilmiştir ve bu analiz sonucu fiyat farkları incelenmiştir. Bu çalışmaya konu olan Düzce'de yapılan iki adet inşaat projesinin metrajları baz alınarak ve 2019 birim fiyatları kullanılarak maliyetleri çıkarılmıştır. Anaokulu projesi Düzce ilinde merkez bölgesinde İl Milli EğitimMüdürlüğü projesidir. Projenin toplam yapı alanı 721 m2 'dir. Yapı tek bloktur. Projenin ihale bedeli 832.930,00TL olarak belirlenmiştir. Projeye ait vaziyet planı aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Anaokulu Projesi Vaziyet Planı

Aile Sağlığı Merkezi Projesi ise yine Düzce İlinde Şehir Merkezinde inşa edilmektedir. Proje toplam alanı 308 m^2 'dir. Projeye ait vaziyet planı aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.Aile Sağlığı Merkezi Vaziyet Planı

İki adet üst yapı projesi, inşaat işleri (ince yapı, kaba yapı ve peyzaj işleri) dahilinde tüm aktiviteler incelenmiştir. Bu yapıların metrajları ve bu metrajlara ait maliyetleri birim fiyat yöntemi ile belirlenmiştir. Yapıların yapı yaklaşık maliyetleri; 16 mart 2019 tarihinde resmi gazetede yayınlanan "Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ" bulunan her iki iş içinde projelerin tabi olduğu yapı grubundan maliyetinin seçilerek toplam inşaat alanı m^2 'si ile çarpımından oluşturulmuştur. İhale sürecinde ise firma teklifleri alınmıştır. Her iki projenin de hesaplanan maliyetleri tablolar yardımı ile gösterilmiştir. Bu tablolama sonucunda birim fiyat yöntemine esas maliyet ile birim alan maliyeti yöntemi kıyaslanmıştır. Bu uygulamaya makine, ekipman, elektrik, altyapı ve genel giderler dahil edilmemiştir .Bulunan değerler çizelgelendirilmiş ve yorumlanmıştır.

Çizelge 1.' de projelere ait veriler; projenin adı, projenin tipi, projenin sınıfı, yapı alanı, proje yılı, projenin yapı yaklaşık maliyetleri(BFY, BAMY) gösterilmiştir.

PROJE İSMİ	**ANAOKULU PROJESİ**	**AİLE SAĞLIĞI MERKEZİ PROJESİ**
Proje Tipi	Anaokulu	Sağlık Merkezi
Yapı Sınıfı	3. Sınıf A Grubu Yapılar	5. Sınıf B Grubu Yapılar
Yapı Alanı	721m^2	308m^2
Proje Yılı	2019	2019

Yapının Birim Fiyat Yöntemi (BFY) ile Oluşan Maliyeti	1.000.667,49	1.098.987,40
Yapının Birim Alan Maliyeti Yöntemi (BAMY) ile Oluşan Maliyeti	706.580,00	765.380,00
Yapının Reel Yapım Maliyeti	832.930,00	812.000,00

Çizelge 1.Proje Bilgileri

PROJELERİN REEL MALİYETLERİNİN BFY VE BAMY İLE KIYASLANMASI						
PROJE ADI	**BFY(TL) (a)**	**BAMY (TL) (b)**	**Reel Yapım Maliyeti(TL) (c)**	**(a-c)/c (%)**	**(b-c)/c (%)**	**(a-b)/b (%)**
ANAOKULU	1.000.667,49	706.580,00	832.930,00	20,14	-15,2	41,62
SAĞLIK MERKEZİ	1.098.987,40	765.380,00	812.000,00	35,34	-5,74	43,56
TOPLAM	2.099.654,89	1.471.960,00	1.644.930,00	27,64	-10,52	42,64

Çizelge 2. BFY, BAMY Kıyaslamaları

Projelerin maliyetleri incelendiğinde; Anaokulu projesindebirim fiyatlarla hesaplanan toplam maliyet; 1.000.667,49 , yapı yaklaşık birim maliyeti yöntemiyle hesaplanan toplam maliyet; 706.580,00 olarak belirlenmiştir. Yapının reel maliyeti ise 832.930,00 TL ' dir. Reel yapım maliyeti sapma oranının BFY için %20,14 olduğu ancak BAMY için %-15.20 ile aralarında çok büyük farkların olduğunu göstermektedir. Görüldüğü gibi yapının birim fiyatlı toplam maliyeti hem yapı yaklaşık hem de reel yapım maliyetinden fazla çıkmıştır.

Sağlık Merkezi projesinde ise birim fiyatlarla hesaplanan toplam maliyet; 1.098.987,40, yapı yaklaşık birim maliyeti yöntemiyle hesaplanan toplam maliyet; 765.380,00 olarak belirlenmiştir. Yapının reel maliyeti ise 812.000,00 TL ' dir. Reel yapım maliyeti sapma oranının BAMY için de %-5,74 gibi gerçekçi bir değere sahip olduğu görülmektedir. Yapının birim fiyatlı toplam maliyeti hem yapı yaklaşık hem de reel yapım maliyetinden fazla çıkmıştır.

Bu çalışma sonunda elde edilen veriler incelendiğinde görülmektedir ki birim fiyatlar ile yapı yaklaşık birim maliyet fiyatları arasında farklılıklar mevcuttur.

Her iki projede de incelendiğinde görülmektedir ki BFY maliyetleri, BAMY fiyatlarına kıyasla daha fazladır.

Özetle;

Anaokulu projesi için,

Birim fiyatlarla belirlenen toplam maliyeti 1.000.667,49 TL ve Birim Alan Maliyet yöntemiyle hesaplanan maliyeti de 706.580,00TL olarak hesaplanmıştır. Projeden alınan toplam yapı alanı 721 m2 ‘dir. Birim fiyat maliyeti ile metrekareye düşen toplam maliyet 1.387,89 TL/m2 ve BAMY ile metrekareye düşen toplam maliyet 980 TL/m2 olarak hesaplanmıştır. TL farkı = 1.387,89 - 980 = 407,89 TL/m2 olarak hesaplanmıştır. Yapılan inceleme sonucunda yapı yaklaşık birim fiyatlarıyla belirlenen toplam maliyet, birim fiyatlarla hesaplanan toplam maliyet ile kıyaslanmıştır. Bunun sonucunda da birim fiyatlı toplam maliyet yapı yaklaşık birim fiyatlı toplam maliyetten % 41,62 daha fazla çıkmıştır.

Sağlık Merkezi projesi için;

Birim fiyatlarla belirlenen toplam maliyet 1.098.987,40 TL ve Birim Alan Maliyet yöntemiyle hesaplanan toplam maliyet = 765.380,00 TL olarak hesaplanmıştır. Projeden alınan toplam yapı alanı 308 m2 ‘dir Birim fiyat maliyeti ile metrekareye düşen toplam maliyet 3.568,14 TL/m2 ve BAMY ile metrekareye düşen toplam maliyet de 2485 TL/m2 olarak hesaplanmıştır. TL kuru ile oluşan fark = 3568,14-2485=1083,14 TL/m2 olarak hesaplanmıştır.

4.Sonuçlar

Yapılan bu hesaplamalar, geçmişteki çalışma ve araştırmalardikkate alındığında; birim fiyatlar, yapı yaklaşık birim maliyet fiyatları ve reel maliyet fiyatları arasında fark olduğu görmektedir. Bu sonuçlar incelendiğinde ortaya çıkan farklı sonuçlar şöyle değerlendirilebilir;

Türkiye'de yapı maliyeti hesaplama yöntemlerimden biri olan BFY fiyat belirleme yöntemi yetersizdir.Mevcut fiyatlarpiyasadaki gerçek fiyatları tam olarak karşılayamamaktadır. Ülkemizdeki birim fiyatların tam olarak gerçek değerlerinin belirlenememesi yüklenicileri maddi risklere karşı olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuz etkilerin sonucunda örneklerde ve geçmiş araştırmalarda gösterildiği gibi kamu kullanımı için yapılmak istenen hizmetler aksaklığa uğramaktadır.Bu durum Türkiye'de inşaat sektörüne de olumsuz etki etmektedir**.**

Türkiye'de oluşan yüksek enflasyon riski inşaat sektöründe üreticiler ve yükleniciler nezdinde bir ticari güvence ihtiyacı oluşturur. Bunu sonucunda da güncel birim fiyatlarda artış olduğu gözlenebilir.Enflasyon beklentisi yeni fiyat artışları oluşur. Her yıl çeşitli kurumlar tarafından yayımlanan birim fiyat cetvelleri bir artışa göre hazırlanmış olsa da gerçek piyasa değerlerini karşılamamaktadır. Sonuç olarak hazırlanan fiyat cetvelleri piyasa beklentilerini

karşılamaz ve ülke gerçeklerini yansıtmış olamaz.Ülkemizde yapı yaklaşık maliyeti tahmininde kullanılan T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İlbank A.Ş, KGM ve DSİ gibi Kurumlara ait BFY'ne uygun birim fiyat cetvelleri ve BAMY'ne uygun yapı yaklaşık birim maliyetlerinin gerçekliğinin güncellenmesi gerekmektedir.Tahmini maliyetler ve reel maliyetler arasında dengeli bir sonuç çıkarılabilmesi için yeni yöntemler geliştirilmesi veya mevcut yöntemlerin geliştirilmesinin gerekli olduğu kanaatine varılmıştır. Yapılacak olan tüm bu çalışmalar sektörün Devlet ve firmalar ayağında kesinlikle olumlu bir cevap bulacaktır. Bu çalışmaların Genişletilmiş ve sonuca ulaştırılmış olması; Ülke ekonomisine, planlamalarımıza, gelecek yatırımlarımıza her anlamda olumlu bir katkı sağlayacaktır.

Bibliyografya

Akbıyıklı, R., "İnşaat yönetimi, metraj ve maliyet hesapları", Birsen Yayınevi, İkinci Baskı, İstanbul, 2012.

Akbıyıklı, R.,Akdık, M.M., Uğur, L.O., " İnşaat Sektöründe Maliyet Hesaplarında Kullanılan Birim Fiyat Rayiçlerinin Piyasa Fiyatlarıyla Karşılaştırılması", Uluslararası Katılımlı 7. İnşaat Yönetim Kongre Dergisi, 2017, ss. 487-497.

Akınbingöl, M., ve Gültekin, A.T., "Bina üretimi yapım evresinde maliyet planlama ve denetimine yönelik bir maliyet yönetim modeli önerisi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20(4), 2005, ss. 499- 505.

Aliefendioğlu, Y.,Mendeş, M., Yılmam Mendeş, F.F., " Rekabet Ortamında Birim Fiyatın Uygulanabilirliği: Yüksek Fen Kurulu Örneği", Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4, 2016, ss. 873-885.

Arafa, M.,and Alqedra, M., "Early stage costestimation of buildings construction projects using artificial neural networks", Journal of Artificial Intelligence, 4(1): 63-75, (2011).

Atiş, C.D., Bayram, S., Oral, E.L., Öcal, M.E., " Yapı Maliyeti Tahmininde Birim Fiyat Yöntemi- Yapı Yaklaşık Maliyetleri Kıyaslaması", Politeknik Dergisi, 19(2), 2016, ss.175-183.

Bisen, Ö., ve Dikmen, S.Ü., "Üst yapı inşaat projelerinde öngörülemeyen maliyetlerin belirlenmesine yönelik bir karar destek modeli", 5. Yapı İşletmesi/Yapım Yönetimi Kongresi, Eskişehir, 2009.

Finnie, G.R.,Wittig, G.E., and Desharnais, J.M., "A comparison of software effort estimation techniques: Using function points with neural networks, case-based reasoning and regression models", Journal of Systems Software, 39(3): 281-289, (1997).

Göktürk, İ., "İnşaat sektöründe fizibilite aşamasında maliyet tahmini yapmakta karşılaşılan zorluklar ve çözüm önerileri üzerine bir değerlendirme", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2007.

Kolaylıoğlu, Ö., "İnşaat sektöründe proje yönetimi ve proje yöneticisi", Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 2006.

Öcal, M.E., ve Kadırhan, F., "İnşaat sektöründe genel gider kavramı ve yapı maliyetine yansıtılma düzeyi", 5. Yapı İşletmesi/Yapım Yönetimi Kongresi, Eskişehir, 2009.

Uğur, L.O., "İnşaat sektöründe riskler ve risk yönetimi", Türkiye Müteahhitler Birliği, Seminer notları, Ankara, 2006.

Uğur, L.O., "Yapı maliyetinin yapay sinir ağı ile analizi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 2007.

Uğur, L.O., "Yapı maliyeti çalışmaları", Alter Yayıncılık, 1. Baskı, Ankara, 2009.

Polat, D.A., ve Çıracı, M., "Türkiye'de tasarım öncesinde maliyet tahmini için veri tabanı modeli", İTÜ Mühendislik Dergisi, 4(2), 2005, ss. 59-69.

GENLEŞTİRİLMİŞ VERMİKÜLİT KULLANILARAK ÜRETİLEN HAFİF HARÇLARIN YÜKSEK SICAKLIK ETKİSİNDEKİ ÖZELLİKLERİ

Fuat KÖKSAL*

**Yozgat Bozok Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye*

E-mail: fuat.koksal@bozok.edu.tr

Mehmet KAYA**

***Yozgat Bozok Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye*

E-mail: mehmet.kaya@bozok.edu.tr

Elif Tuğçe KOCABEYOĞLU***

****Yozgat Bozok Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Yozgat, Türkiye*

E-mail: eliftugcekocabeyoglu@hotmail.com

Ali Can TÜREYEN****

*****Yozgat Bozok Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye*

E-mail: alicantureyen@gmail.com

Özet: Bu çalışmada hafif agrega olarak genleştirilmiş vermikülit kullanılmasıyla üretilen hafif harçların yüksek sıcaklık etkisindeki özellikleri incelenmiştir. 5 farklı vermikülit/çimento oranı için 40x40x160 mm^3 boyutlarında standart prizma numuneler üretilmiştir. Numuneler 1 gün sonra kalıptan çıkarılmış ve 28 gün standart kür uygulanmıştır. Kür sonrası numuneler 300 °C, 600 °C ve 900 °C sıcaklıkta 2 saat bekletildikten sonra ve havada soğumaya bırakılmıştır. Yüksek sıcaklığa maruz bırakılmayan referans numuneler ile yüksek sıcaklığa maruz bırakılan numuneler üzerinde sıcaklık etkisi sonrası fiziksel özelliklerin belirlenmesi amacıyla kuru birim ağırlık, boşluk oranı, su emme ve ultrases geçiş hızı deneyleri yapılmıştır. Ayrıca, mekanik dayanımların tespiti için ise eğilme ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarına bağlı olarak vermikülit/çimento oranı arttıkça birim ağırlıkta azalma, porozite ve su emme değerlerinde ise artış gözlemlenmiştir. Genel olarak bütün vermikülit/çimento oranları için 300 °C ve 600 °C sıcaklık sonrası ultrases hızının azaldığı, 900°C sonrası ise toparlanma gözlemlenmiştir. Bütün vermikülit/çimento oranları için 300 °C ve 600 °C sıcaklık sonrası basınç ve eğilme dayanımları belirgin azalma olmamıştır, buna karşılık 900°C sonrası dayanımlarda belirgin azalma gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Vermikülit, hafif harç, yüksek sıcaklık

Giriş

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte hafif birim ağırlığı sahip çimento esaslı yapı malzemelerinin kullanımı getirdiği yenilikler nedeniyle her geçen gün arttırmaktadır. Hafif harcın yapılarda kullanılması ile yapı ağırlıkları önemli ölçüde azaltılabilmekte, yapıların yüksek sıcaklıklara karşı direnci artırılabilmekte, yapılarda yüksek ısı ve ses yalıtımı sağlanabilmekte ve buna bağlı olarak yapı maliyetleri önemli ölçüde düşürülebilmektedir (Topçu, 1997; Miled vd., 2003; Lo vd, 2007; Kayalı, 2007). Ayrıca, yapıya etkiyen deprem yükleri yapı ağırlığı ile orantılı olduğundan yapıların deprem esnasında hasar alma riskleri hafif harç kullanımı ile azaltılabilmektedir (Yaşar, 2003).

Yüksek sıcaklık etkisi altındaki çelik veya beton taşıyıcı elemanlarda oluşan fiziksel ve kimyasal değişimler sıcaklık etkisinin seviyesine ve sıcaklığın etkime süresine bağlı olduğu bilinmektedir. Taşıyıcı betonarme elemanların hafif harçlar kullanılarak sıvanması veya çelik taşıyıcı elemanların çimento esaslı hafif kompozit harç kaplamalar ile kaplanması yüksek sıcaklık etkisi altındaki yapı taşıyıcı elemanların zarar görmesini önleyici ve geciktirici rol oynar. Çimento esaslı hafif harçların yangına karşı dirençlerini normal harçlara kıyasla daha yüksek olduğundan yangın sırasında müdahale süresini uzatabilmektedir. Ayrıca, ısıya dayanıklı hafif harçlar yapı taşıyıcı elemanlarının yük taşıma gücündeki kayıpları yangın sırasında engellemekte veya minimum seviyede tutarak yapı ve taşıyıcı elemanların aşırı hasar almasını ve göçmesini önleyebilmektedir.

Çimento esaslı kompozit malzemelerde sıcaklıktaki artışı ile ilk önce serbest su kaybolur, sonra fiziksel olarak bünyede tutulan (absorbe edilen) su ve son olarak ise hidratasyon ürünlerinin oluşması sırasında reaksiyona giren kimyasal bağ suyu kaybolur. Meydana gelen su kayıpları ile birlikte agregasının genleşmesinden kaynaklanan farklı ısıl hareketler ve çimento hamurunun büzülmesi bağlı olarak iç yapıda mikro çatlaklar oluşur. Daha yüksek sıcaklıklara ulaşıldığında ise çimento hamurundaki sönmüş kireç dehidratasyona uğrar, agregada fiziksel ve kimyasal dönüşümler meydana gelir ve bu olayların sonucunda da malzemede bozulma ve göçme olur.

Hafif agregalar düşük birim hacim ağırlığa ve yüksek boşluk oranlarına sahip malzemelerdir. Bu nedenle normal agregalara göre daha yüksek su emme, daha az ısı iletkenlik ve düşük mukavemet gibi belirgin farklı özellikleri vardır. Hafif harç ve beton üretimi bakımından bir agreganın birim ağırlığı, su emme kapasitesi, yüzey yapısı ve yüzey şekli en önemli özellikleridir (Bingöl ve Gül, 2004; Taşdemir, 1982). Hafif agrega tipleri dört ana grupta sınıflandırılabilir (Azizi, 2007); (i) doğal hafif agregalar, (ii) vermikülit, ponza taşı (bims), (iii) volkanik cüruf, perlit ve (iv) volkanik tüf gibi organik malzemeler.

Doğal malzemelerden elde edilen yapay hafif agregalara örnek olarak; genleştirilmiş vermikülit, arduvaz, şişt, perlit ve kil ile strofor gibi polimer esaslı malzemeler verilebilir.

Hafif agregalar kullanılarak birim ağırlığı 300-2000 kg/m^3 aralığında, 0,2-1,0 W/mK aralığında ısıl iletkenlik değerine ve 1-60 MPa basınç dayanımı ise sahip çimento esaslı hafif kompozit malzemeler üretilebilmektedir (Sancak, 2008).

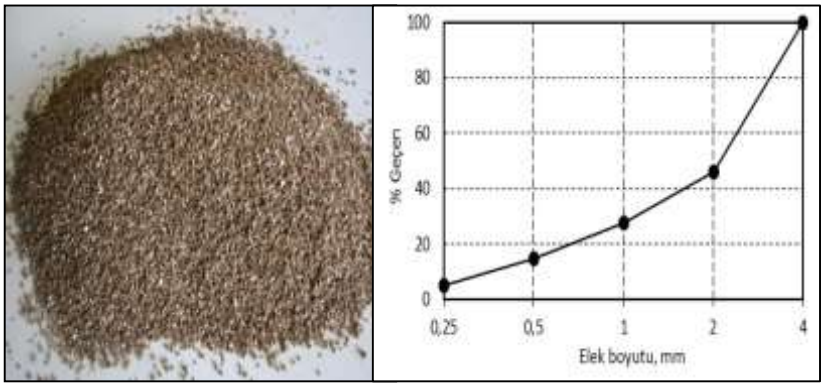
Genel olarak hafif betonlar ısı ve ses yalıtımı, yangına karşı direnç ve estetik gibi özelliklerin olması istenilen yapılarda dış duvar uygulamalarında ve iç mekan bölme duvarlarında kullanılmaktadır (Uygunoğlu, 2006). Özellikle 2. Dünya Savaşından sonra ise yaygın olarak yapılarda taşıyıcı amaçla kullanılmıştır (Uygunoğlu, 2006). Son yıllarda çok katlı bina yapımının artmasıyla birlikte hafif betonun yapılardaki uygulama alanları genişlemiştir. Büyük açıklıklı köprüler ve viyadükler gibi kalıcı (ölü) yüklerin tasarımda belirleyici olduğu yapılarda hafif beton kullanımı avantajlı olabilmektedir. ("Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu", 2005, s.628)

Vermikülit endüstriyel olarak genleşme özelliğine sahip bir mineraldir ve flogopit, biotit ve hidrobiotit gibi mika grubu minarelerini de kapsar. Vermikülit sulu magnezyum, alüminyum ve demir silikat olarakta tarif edilebilir. (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, 2001). Doğadaki oluşumuna ve bulunduğu ortamlara göre vermikülitin toprak, metaformik makroskopik ve otojenik olmak üzere dört tipi bulunmaktadır (Toksoy, 1997).

Vermikülit yüksek sıcaklık etkisine maruz bırakıldıktan sonra ani ısı şokuna tabi tutulursa akordion gibi uzayabilmektedir. Bu genleşme özelliği vermikülitin yapısında bulunan kristal suyun ani olarak buharlaşmasının bir sonucu olduğu veya buharlaşma sonucu oluşan buhar basıncından kaynaklandığı düşünülmektedir. Vermikülit mineralinin ısıl genleşme olayının net olarak açıklanamamasının nedeni; ağırlıkça aynı miktarda su içeren vermikülitin dahi farklı oranlarda genleşebilme özelliğine sahip olmasıdır. Isıl genleşme sonucunda ham vermikülitin yığın yoğunluğu 0,8 g/cm^3'den 0,08 g/cm^3'e düşebilmektedir. Yığın yoğunluğundaki bu büyük azalma vermikülitin kalitesine ve genleşmenin yapıldığı fırının özelliklerine bağlı olmaktadır. Isıl işlem sonucunda ham vermikülit yaklaşık 10-30 kat genleşebilmektedir (Strand, 1983;Weisman, 2018). Yüksek sıcaklığa maruz kalan ham vermikülitin renginde belirgin değişiklik olabilmektedir.

Deneysel Çalışma

Çalışmada CEM I 42.5 R tipi Portland çimento ile Sivas ili Yıldızeli ilçesi Demircilik köyünde bulunan vermikülit ocağından elde edilmiş ham vermikülitin 600°C'de 10 saniye tutularak genleştirilmesiyle elde genleştirilmiş vermikülit agregası kullanılmıştır. Kullanılan genleştirilmiş vermikülit agregası ve tane boyutu dağılımı Şekil 1'de, fiziksel ve kimyasal özellikleri ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan genleştirilmiş vermikülit ve tane dağılımı.

Hafif harç üretimi 5 farklı vermikülit/çimento oranı (V/Ç = 3, 4, 5, 6 ve 7) kullanılmıştır. Her bir vermikülit/çimento oranında, 20°C, 300°C, 600°C ve 900°C sıcaklık değerleri için standart 40x40x160 mm boyutlarında 12'şer adet prizman numuneler üretilmiştir. Üretilen hafif harçların karışım oranları Tablo 2'de verilmiştir.

Üretim sırasında taze harçlar üzerinde birim hacim ağırlık ve yayılma deneyleri yapılmıştır. Üretilen numuneler bir gün sonra kalıptan çıkartılmış ve 28. güne kadar 20 ± 2 sıcaklıkta su içerisinde kür edilmiştir. Kür süresinin ardından numuneler 300°C, 600°C ve 900°C' ye kadar değişik sıcaklıklara ulaşabilen ısınma hızı 8±4 °C/dk olan yüksek sıcaklık fırınına yerleştirilmiştir. Yüksek sıcaklık fırınında her bir deney sıcaklığında numuneler 6 saat süre ile tutulmuşlardır ve sıcaklık etkisi sonrası ise laboratuvar ortamında soğumaya bırakılmışlardır. Şahit numuneler (sıcaklığa maruz bırakılmayan 20°C'de tutulan) ve yüksek sıcaklığa maruz bırakılan numuneler üzerinde birim ağırlık, su emme, porozite, ultrases geçiş hızı ile eğilme ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Tablo 1. Genleştirilmiş vermikülitin fiziksel ve kimyasal özellikleri.

a) Fiziksel Özellikler		b) Kimyasal Özellikler	
Renk	Altın	Bileşik	%
Şekil	Akordeon	Silisyum (SiO_2)	35,4
	% 240 (ağırlıkça)	Alüminyum (Al_2O_3)	17,8
Su Tutma Kapasitesi	% 28 (hacimsel)	Potasyumoksit (K_2O)	4,68

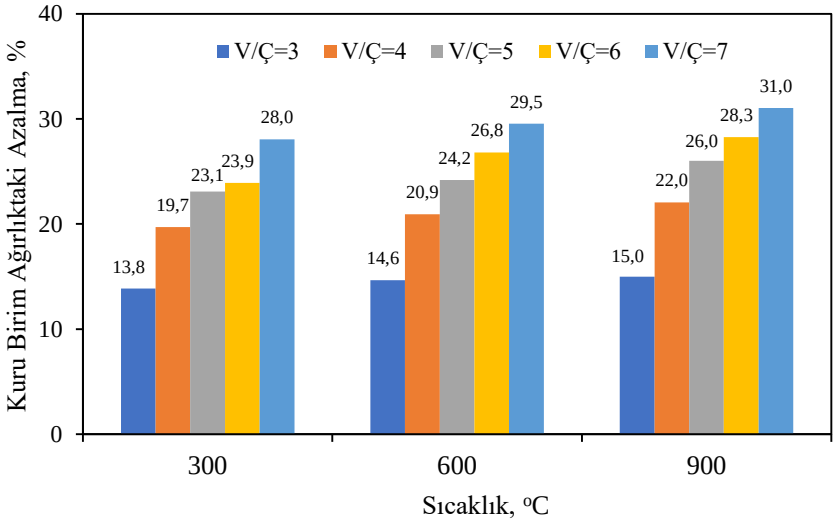
Katyon Değişim Oranı	50 - 150 meg / 100 gr.	Kalsiyumoksit (CaO)	6,9
Isı İletkenliği	0,065 - 0,062 W/mK	Magnezyum (MgO)	17,3
Geçirgenlik	95%	Demiroksit (Fe_2O_3)	16,7
Sinterlenme Noktası	1150 °C - 1250 °C	Ph	8,1
Ateşe Dayanıklılık	Yanmaz	Diğer	0,2-1,2
Spesifik Isı	0,20 - 0,26 Kcal / Kg°C		
Sıkışık Birim Hacim Ağırlık	0,147 gr/cm^3		

Tablo 2. Harç karışım oranları.

Seri Kodu	Çimento (g)	Vermikülit (g)	Su (g)	Vermikülit/Çimento Oranı, V/Ç (Hacimsel)
VÇ3	2820	1080	3336	3
VÇ4	2280	1164	3354	4
VÇ5	1920	1226	3446	5
VÇ6	1640	1256	3372	6
VÇ7	1440	1287	3480	7

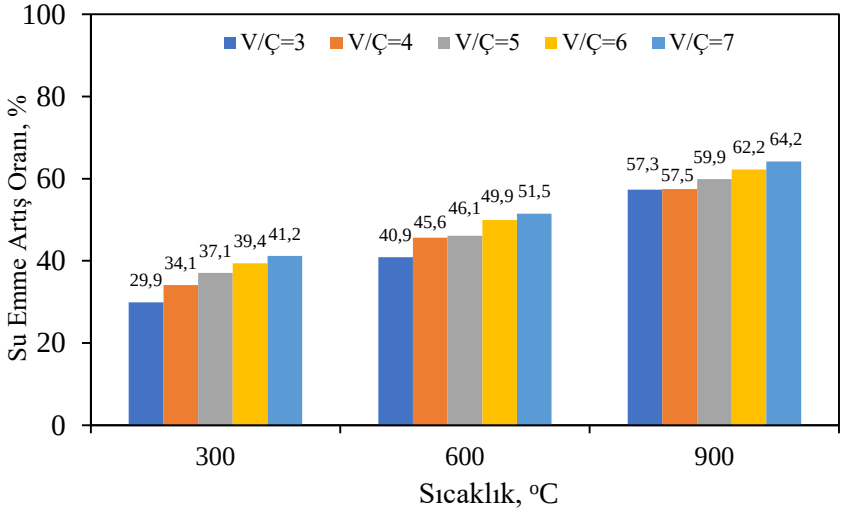
Deney Sonuçları ve Değerlendirme

Genleştirilmiş vermikülit kullanılarak üretilen çimento esaslı hafif harçlar üzerinde yapılan fiziksel ve mekanik özelliklerin tayini deneylerinden elde edilen sonuçları Şekil 2-7'de verilmiştir.



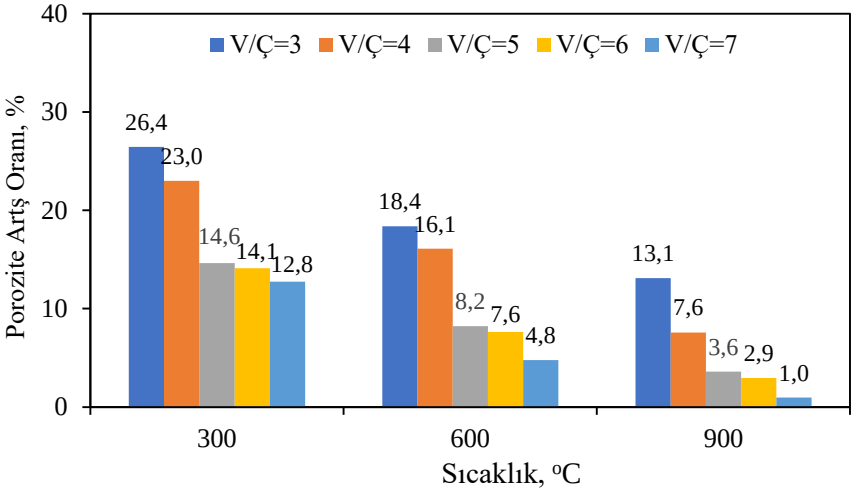
Şekil 2. Kuru birim ağırlığa sıcaklık etkisi.

Vermikülit/çimento oranının artmasıyla harçların kuru birim ağırlıklarında azalma gözlemlenmiştir. 300, 600 ve 900°C sıcaklık değerleri için en fazla kuru birim ağırlıktaki azalma oranı V/Ç = 7 olan numunelerde sırasıyla % 28, 29,5 ve 31,0 olarak ve buna karşılık en az azalma oranı ise V/Ç = 3 olan numunelerde sırasıyla % 13,8, 14,6 ve 15,0 olarak elde edilmiştir.



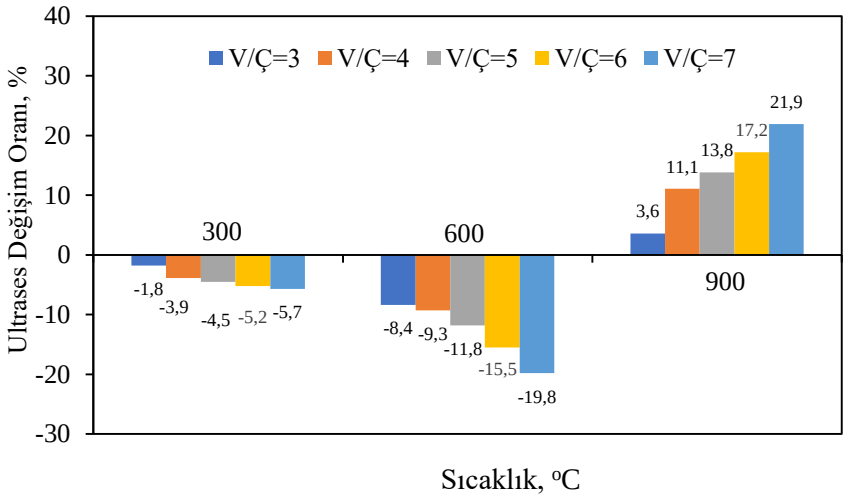
Şekil 3. Su emme oranı- yüksek sıcaklık ilişkisi.

Vermikülit/çimento oranının artmasıyla harçların su emme oranları artmıştır. 300, 600 ve 900°C sıcaklık değerleri için su emme oranındaki en büyük artışlar V/Ç = 7 olan numunelerde sırasıyla % 41,2, 51,5 ve 64,2 ve buna karşılık en az artışlar ise V/Ç = 3 olan numunelerde sırasıyla % 29,9, 40,9 ve 57,3 olarak elde edilmiştir.



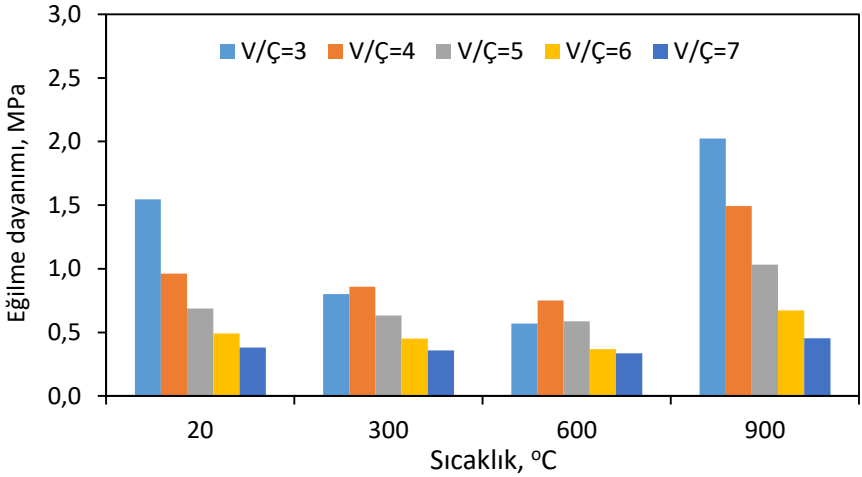
Şekil 4. Porozite- yüksek sıcaklık ilişkisi.

Vermikülit/çimento oranının artmasıyla harçların porozite artış oranlarında azalma gözlemlenmiştir. Sıcaklık değerleri 300, 600 ve 900°C için porozitedeki en büyük artış oranları V/Ç = 3 olan numunelerde sırasıyla % 26,4, 18,4 ve 13,1 olarak, buna karşılık en az artış oranları ise V/Ç = 7 olan numunelerde sırasıyla % 12,8, 4,8 ve 1,0 olarak elde edilmiştir.



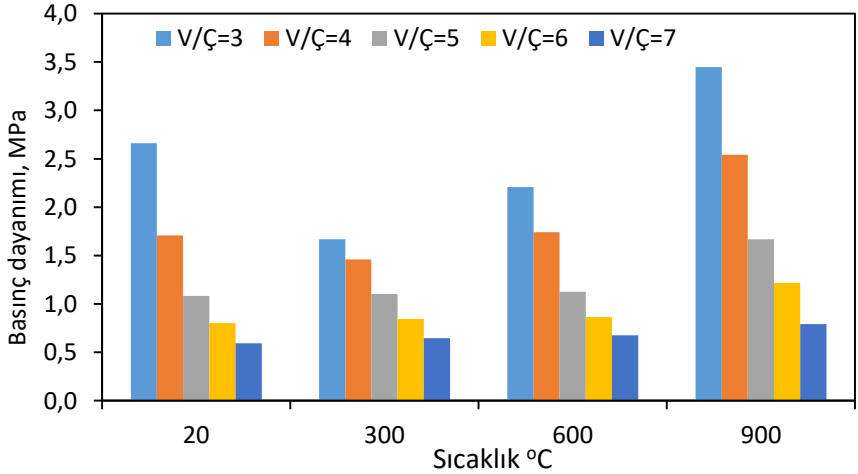
Şekil 5. Ultrases geçiş hızı-yüksek sıcaklık ilişkisi.

300 ve 600°C sıcaklık etkisi sonrası ultrases geçiş hızlarındaki en büyük azalma V/Ç = 7 olan numunelerde sırasıyla % 5,7 ve 19,8 olarak, buna karşılık en düşük azalma ise V/Ç = 3 olan numunelerde sırasıyla % 1,8 ve 8,4 olarak elde edilmiştir. 900°C sıcaklık etkisi sonrasında ultrases geçiş hızında en fazla artış V/Ç = 7 olan numunelerde % 21,9 ve en az artış ise V/Ç = 3 olan numunelerde % 3,6 olarak belirlenmiştir.



Şekil 6. Eğilme dayanımı-yüksek sıcaklık ilişkisi.

Numunelerin eğilme dayanımlarında 300 ve 600°C sıcaklık etkisi sonrasında en fazla azalma V/Ç = 3 olan numunelerde sırasıyla % 48,3 ve 63,2 olarak, buna karşılık en az azalma ise V/Ç = 5 olan numunelerde sırasıyla % 8,0 ve 14,8 olarak elde edilmiştir. 900°C sıcaklığa maruz numunelerin eğilme dayanımınlarındaki en fazla artış V/Ç = 4 olan numunelerde % 55,3 ve en az artış ise V/Ç = 7 olan numunelerde % 13,7 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 7. Basınç dayanımı-yüksek sıcaklık ilişkisi.

300 ve 600°C sıcaklık etkisi için numunelerin basınç dayanımınlarındaki en fazla azalma V/Ç = 3 olan numunelerde sırasıyla % 37,3 ve 17,0 olarak, buna karşılık en az azalma ise 300°C sıcaklık etkisine maruz kalan V/Ç = 4 olan numunelerde % 14,7 olarak elde edilmiştir. 900°C sıcaklık etkisi sonrasında ise basınç dayanımında en fazla artış V/Ç = 5 olan numunelerde % 54,3 ve en az artış ise V/Ç= 3 olan numunelerde % 29,6 olarak belirlenmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Genleştirilmiş vermikülit kullanılarak üretilen hafif harçlar üzerinde yapılan deneysel çalışma sonunda elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda verilmiştir.

- 300 ve 600°C sıcaklık etkisi sonrasında eğilme dayanımlarındaki en fazla azalmalar V/Ç = 3 olan numunelerde sırasıyla % 48,3 ve 63,2, buna karşılık en düşük azalmalar ise V/Ç = 5 olan numunelerde sırasıyla % 8,0 ve 14,8 olarak elde edilmiştir. 900°C sıcaklığa maruz bırakılan numunelerin eğilme dayanımda en fazla artış V/Ç = 4 olan numunelerde % 55,3 ve en az artış ise V/Ç = 7 olan numunelerde % 13,7 olarak belirlenmiştir.
- 300 ve 600°C sıcaklık etkisi sonrasında basınç dayanımınlarında en fazla azalmalar V/Ç = 3 olan numunelerde sırasıyla % 37,3 ve 17,0 olarak, buna karşılık en düşük azalma ise 300°C sıcaklık değerinde V/Ç = 4 olan numunede % 14,7 olarak elde edilmiştir. 900°C sıcaklık etkisi için basınç dayanımında en fazla artış V/Ç = 5 olan numunelerde % 54,3 ve en az artış ise V/Ç = 3 olan numunelerde % 29,6 olarak gözlemlenmiştir.
- Ülkemizde genleştirilmiş vermikülit ile ilgili yeterli sayıda araştırma yapılmadığı ve bu nedenle fazla uygulama alanının olmadığı dikkate alındığında; genleştirilmiş vermikülitin çimento esaslı yalıtım ve ısıya dayanıklı yapı malzemelerinin üretiminde kullanılabilirliği konusunda yeni ar-ge çalışmalarının yapılması önerilmektedir. Özellikle farklı bağlayıcı malzemeler kullanılarak üretilecek genleştirilmiş vermikülit içeren malzemelerin ses yalıtımı, ısıl iletkenlik ve radyasyon geçirimliliği konularında araştırmalar yapılabilir.

Kaynaklar

Topçu, İ.B. (1997). Semi-lightweight Concrete Produced by Volcanic Slags, *Cement and Concrete Research*, (27), 15-21.

Miled, K., Et al. (2003). Compressive Behavior of an Idelized EPS Lightweight Concrete: Size Effects and Failure Mode, *Mechanics of Materials*, 36, 1031-1046.

Lo Y. T., Tang, W. C., Cui H. Z. (2007). The Effects of Aggregate Properties on Lightweight Concrete, *Building and Environment*, 42, 3025-3029.

Kayali, O. (2007). Fly Ash Lightweight Aggregates in High Performance Concrete, *Construction and Building Materials*, 22 (12) 2393-2399.

Yaşar, E., Et al. (2003). Strength Properties of Lightweight Concrete Made With Basaltic Pumice and Fly Ash, *Materials Letters*, 57, 2267-2270.

Bingöl, A. F., Gül R. (2004). Compressive Strength of Lightweight Aggregate Concrete Exposed to High temperatures, *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 1168-1172.

Taşdemir, M.A. (1982). *Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonların Elastik Ve Elastik Olmayan Davranışları*, (Yayımlanmış doktora tezi). İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.

Azizi, S. (2007). Perlit Katkılı Hafif Betonların Mekanik Özellikleri ve Isı Yalıtımı. (Yayımlanmış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Sancak, E. (2008). Hafif Agregalı Beton Blokların Mekanik Özelliklerine Çelik Lif Kullanımının Etkisi. (Yayımlanmış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Uygunoğlu, T., Ünal, O. (2006). Diyatomitin Hafif Blok Üretiminde Kullanılması, *Politeknik Dergisi, 9* (1), 65-70.

Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri III, Pomza-Perlit-Vermikülit-Flogopit-Genleşen Killer Çalışma Grubu Raporu, DPT: 2617 - ÖİK: 628, , Ankara, 2001.

Toksoy, F. (1997). Vermikülit: Mineraloji, Jeolojik Oluşum, Endüstriyel Kullanım ve Türkiye'deki Durumu, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 16-17 Ekim, İzmir, Türkiye.

Strand, P. R. (1983) Vermiculite, *Industrial Minerals And Rocks*, ed: Lefond S. J.

Weisman, J. (2018). http://webmineral.com, Photographic Guide to Mineral Species.

DİFERANSİYEL EVRİM ALGORİTMASI İLE RAYLEIGH DAĞILIMININ PARAMETRELERİNİN TAHMİN EDİLMESİ: BİR SİMÜLASYON ÇALIŞMASI

H. Hasan Örkcü*

**Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, 06500, Beşevler, Ankara*

E-mail: hhorkcu@gazi.edu.tr

Volkan Soner Özsoy**

***Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, 06500, Beşevler, Ankara*

E-mail: volkansoner@gazi.edu.tr

Özet: Özellikle rüzgâr verilerinin modellenmesinde kullanılan Rayleigh dağılımı esnek yapıya sahip olduğu için literatürde sıklıkla tercih edilmektedir. Rayleigh dağılımının parametrelerinin çok yakın bir hassaslıkla tahmin edilmesi bu dağılım ile yapılacak işlemler için oldukça önemlidir. Rayleigh dağılımının bilinmeyen parametrelerini tahmin edilmesi genellikle En Çok Olabilirlik yöntemi ile yapılmaktadır. Rayleigh dağılımının En Çok Olabilirlik fonksiyonu karmaşık bir yapıda olduğundan klasik optimizasyon algoritmaları parametrelerin tahmininde başarılı sonuçlar vermemektedir. Klasik optimizasyon algoritmalarının bazı dezavantajlarını ortadan kaldırmak için sezgisel yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada, Rayleigh dağılımının bilinmeyen parametrelerini tahmin etmek için Diferansiyel Evrim (DE) algoritması kullanılmıştır. DE gibi sezgisel yaklaşımlar çeşitli operatörler yardımı ile çözümü kodlayarak ve belirli büyüklükteki popülasyon ile çözümün bulunmasını sağlar. Bu yüzden, özellikle matematiksel modellerle gösterilemeyen karmaşık problemlerin optimizasyon uygulamalarında tercih edilir. Simülasyon çalışmasından elde edilen bulgular DE algoritmasının Rayleigh dağılımının bilinmeyen parametrelerini tahmin etmede çok başarılı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Rayleigh dağılımı, Parametre Tahmini, Diferansiyel Evrim Algoritması

Giriş

Bu çalışmada Rayieigh dağılımının bilinmeyen parametrelerinin tahmininde Diferansiyel Evrim (DE) algoritmasının kullanımı gösterilmektedir. DE, doğal

seçim kuramına dayanarak çalışan ve doğadaki yaşam mücadelesini modelleyerek problemlerin çözümünde günümüzde sıkça kullanılan bir algoritmadır. Bu algoritma, amaç fonksiyonunun minimum veya maksimumunu arayarak çözüme ulaşmaya çalışır ve amaç fonksiyonu belirli bir değere ulaştığında veya maksimum iterasyon sayısına ulaşıldığında sonlanır.

Bir dağılım için bilinmeyen parametrelerin tahmini istatistik biliminin en temel problemlerinden biridir (Ma ve Gui, 2019). İstatistik dağılım teorisinde parametre tahmini için başvurulan yöntemlerden biri olan En Çok Olabilirlik Yöntemi aşağıdaki gibi verilebilir (Örkcü, 2015).

Bir X rasgele değişkenin olasılık (yoğunluk) fonksiyonu $f_{X_i}(x_i;\theta)$ olmak üzere, $X_1, X_2, \ldots, X_n$ 'ler X 'in dağılımından alınan *n* birimlik bir örneklem olsun. $X_1, X_2, \ldots, X_n$ 'ler bağımsız ve her biri X gibi dağılımlıdır. $X_1, X_2, \ldots, X_n$ 'lerin ortak olasılık (yoğunluk) fonksiyonu,

$$f_{X_1,X_2,\ldots,X_n}(x_1, x_2, \ldots, x_n;\theta) = f_{X_1}(x_1;\theta) f_{X_2}(x_2;\theta) \ldots f_{X_n}(x_n;\theta)$$

dır. $X_1, X_2, \ldots, X_n$ örnekleminin gözlenmiş $x_1, x_2, \ldots, x_n$ değerleri için yukarıdaki fonksiyon θ'nın bir fonksiyonu olmaktadır.

$$L = \prod_{i=1}^{n} f_{X_i}(x_i;\theta)$$

fonksiyonuna Olabilirlik Fonksiyonu denir. Bu olabilirlik fonksiyonunu maximum yapan değer $\hat{\theta}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ olmak üzere, $\hat{\theta}(X_1, X_2, \ldots, X_n)$ istatistiğine θ parametresinin En Çok Olabilirlik Tahmin Edicisi denir. Rayleigh dağılımının parametrelerini tahmin etmek için genelleştirilmiş gama dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ve dağılım fonksiyonundan faydalanılması tercih edilmiştir.

$$f(x;p,a,v) = \frac{|p| x^{pv-1} e^{-\left(\frac{x}{a}\right)^p}}{a^{pv}\Gamma(v)}, \qquad x > 0, a > 0, v > 0, p \in R \tag{1}$$

Burada Γ(.)gama fonksiyon olmak üzere, v, p ve a bilinmeyen parametrelerdir.

$$F(x) = \int_0^x f(x;p,a,v)dx = \begin{cases} \Gamma_w(v)/\Gamma(v) & , p > 0 \\ 1\text{-}\Gamma_w(v)/\Gamma(v) & , p < 0 \end{cases} \tag{2}$$

Burada $w = \left(\frac{x}{a}\right)^p$, Γ ise gama fonksiyondur (Ma ve Gui, 2019).

Olabilirlik fonksiyonu dağılım fonksiyonundan farklı olarak, dağılımı bilinen bir örneklemin ilgili dağılımı hangi parametresine daha uygun olduğu şeklinde oluşturulan bir fonksiyondur. $\theta = (p, a, v)$ ile simgelenen parametre vektörüne göre olabilirlik fonksiyonu $L = \prod_{i=1}^{n} f_{X_i}(x_i;p,a,v)$ ile gösterilebilir.

Diferansiyel Evrim Algoritması

Diferansiyel Evrim (DE), Price ve Storn tarafından 1995 yılında geliştirilmiş, genetik algoritma ve tavlama benzetimi tekniklerinin bir karması olan, popülasyon tabanlı bir sezgisel optimizasyon tekniğidir (Storn ve Price, 1997). Stokastik bir arama algoritması olup, aynı anda birçok noktada çözüm araması yapabilme kabiliyetine sahiptir. Genetik algoritmaya benzer şekilde çaprazlama, mutasyon ve seçim operatörleri ile iterasyonlar boyunca en iyi çözümü araştırmaktadır. DE rassal olarak türetilen N_p adet D-boyutlu gerçek değerli vektörden oluşan bir popülasyon ile başlar. Kromozom olarak isimlendirilebilen her vektör, ilgilenilen probleme aday bir çözümü temsil eder. G neslindeki popülasyonun i. bireyi X_{iG} ile gösterilmek üze, $X_{iG} = [x_{1iG}, x_{2iG}, \dots, x_{DiG}]$, ($i$ = 1,2, … , N_p) ile verilebilir. En yaygın mutasyon operatörü olarak $V_{iG} = X_{aG} + F.(X_{bG} - X_{cG})$ mutant vektörü kullanılmaktadır ve burada a, b ve c indisleri [1, N_p] aralığından rassal olarak seçilmiş birbirinden ve i indisinden farklı tamsayılardır. Bu indisler, her bir mutant vektör için rassal olarak ayrı ayrı türetilmektedir. Ölçek faktörü F, fark vektörlerinin ölçeklendirilmesinde kullanılan [0,2] aralığında değer alan bir kontrol parametresidir. Çaprazlama işleminde ise aday bireyin (U_{iG}) bileşenleri aşağıdaki ilişkiye göre ya hedef vektörden (X_{iG}) ya da mutant vektörden (V_{iG}) alınmaktadır. Yani $eğer$ R $\leq CR\ veya\ j = IntRnd(1,D)$ ise $U_{jiG} = V_{jiG}$ olarak alınmakta diğer durumlarda ise $U_{jiG} = X_{jiG}$ alınmaktadır. Burada R [0,1] aralığında bir rassal sayı ve $IntRnd(1,D)$, [1,D] aralığında rassal olarak türetilmiş bir tamsayıyı göstermektedir. CR, çaprazlama oranı olarak isimlendirilen bir kontrol parametresidir. Seçim işleminde ise, yeni nesilin (G + 1) bireylerinin türetilmesi gerçekleştirilir (Özçelik, 2018)

Deneysel Çalışma

Bu çalışmada, Rayleigh dağılımının parametrelerinin tahmin edilmesi DE algoritması kullanılarak olabilirlik fonksiyonunun maksimum yapılması yolu ile elde edilmektedir. Tablo 1'de Rayleigh dağılımının en çok olabilirlik fonksiyonunun maksimize edilmesinde kullanılan DE parametreleri verilmektedir.

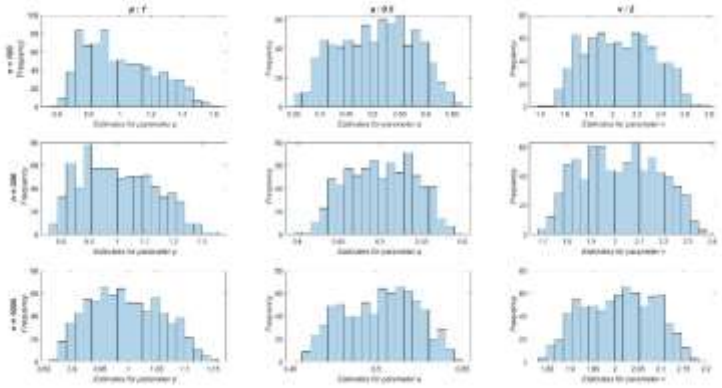
Tablo 1: Kullanılan DE parametreleri

Çaprazlama oranı = 0.9
Mutasyon faktörü = 0.5
Popülasyon büyüklüğü = 50
Maksimum iterasyon sayısı = 200

Rayleigh(1) $(p = 1. a = 0.5. v = 2)$ dağılımı parametre tahmininde kullanılmak üzere örnek uygulama için seçilmiştir. Öncelikle Rayleigh dağılımının (2) ile verilen dağılım fonksiyonunu tersi kullanılarak, $(p = 1. a = 0.5. v = 2)$ dağılımından rasgele gözlemler üretilmiştir. 100, 300 ve 1000 örnek çaplarında elde edilen tahmin değerlerine ilişkin istatistikler Tablo 2'de ve 1000 farklı simülasyondan elde edilen tahminlere ilişkin histogram grafiği ise Şekil 1'de yer almaktadır. Küçük örnek çapında simülasyonun her tekrarında farklı uzaklıkta parametreler elde edilirken büyük örnek çaplarında parametreler birbirine yakın olarak tahmin edilmektedir. Örnek çapı arttıkça elde edilen tahminlerin hassaslığının arttığı görülmektedir ve bu durum büyük sayılar kanunun doğal bir sonucudur.

Tablo 2: Rayleigh(1) $(p = 1. a = 0.5. v = 2)$ parametrelerine ilişkin simülasyon sonuçları

Örnek Çapı		$p = 1$	$a = 0.5$	$v = 2$
100	Ortalama	0.9958	0.5063	2.0614
	En iyi	0.9984	0.5011	1.9981
	Varyans	0.0505	0.0052	0.0792
	MSE	0.0505	0.0052	0.0829
300	Ortalama	1.0034	0.5012	2.0190
	En iyi	1.0001	0.4979	2.0097
	Varyans	0.0165	0.0017	0.0249
	MSE	0.0166	0.0017	0.0253
1000	Ortalama	0.9958	0.5079	2.0089
	En iyi	1.0005	0.5019	2.0017
	Varyans	0.0040	0.0004	0.0060
	MSE	0.0040	0.0004	0.0060



Şekil 1: Rayleigh(1) $(\mathrm{p} = 1. \mathrm{a} = 0.5. \mathrm{v} = 2)$ parametrelerine ilişkin sonuçların histogram grafiği

Sonuçlar

Geleneksel optimizasyon yöntemleri ile genellikle çözülemeyen zor optimizasyon problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılan sezgisel yöntemler olabilirlik fonksiyonunu kolaylıkla optimize edebilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre tahmin edilen parametrelerin gerçek parametrelere çok yakın bir değerle tahmin edildiği gösterilmiştir.

Kaynaklar

Ma Y, Wenhao Gui (2019), Pivotal inference for the inverse Rayleigh distribution based on general progressively Type-II censored samples, *Journal of Applied Statistics*, 46 (5), 771–797.

Örkcü H.H, Aksoy E, Dogan M.I (2015), Estimating the Parameters of 3-p Weibull Distribution through Differential Evolution, *Applied Mathematics and Computation*, 251, 211-224.

Storn R, Price K (1997), Differential evolution a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces, *Journal of Global Optimization*, 11, 341–359.

Özçelik F (2018), Basit düz ve U-tipi montaj hattı dengeleme problemleri için diferansiyel evrim algoritması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(1), 130-140.

MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİ İLE PARKİNSON HASTALIĞININ TEŞHİS EDİLMESİ

Raife Göksu Küçük

İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

E-posta: goksukucuk@outlook.com

Dr. Öğr. Üyesi İlknur Dönmez

Özet: Parkinson Hastalığı beyinde dopamin üreten hücrelerin kaybından kaynaklanan yavaş ilerleyen nörolojik bir hastalıktır. İlk kez 1817 yılında James Parkinson isimli bir İngiliz doktor tarafından tanımlanmıştır. Sinir hücre kaybı sonucu gelişen hastalıklar arasında Alzheimer'dan sonra en sık görülen hastalık Parkinson'dur ve bu hastalık ortalama 60 yaşlarında ortaya çıkmaktadır. Dünyada ortalama 5 milyon, Türkiye'de ise 150 bin Parkinson Hastası olduğu tahmin edilmektedir. Parkinson Hastalığı Titreme, hareketlerde yavaşlama, denge bozuklukları, konuşma, yazma ve yürüme bozuklukları gibi hayat kalitesini önemli ölçüde olumsuz etkileyen bir hastalıktır. Hastalığın erken evrelerinde teşhis edilebilmesi bu semptomların kontrol altına alınabilmesi için çok önemlidir. Bu çalışmada 23'ü Parkinson hastası olan 31 denekten alınan biyomedikal ses ölçümlerinden oluşan bir veri seti üzerinde çeşitli makine öğrenmesi yöntemleri uygulanmıştır. Buna bağlı sonuçlar ortaya koyulmuş ve tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, Parkinson, Hastalık Teşhisi

Abstract: Parkinson's disease is a slowly progressive neurological disorder that is associated with the loss of dopamine-producing cells in the brain. It was first described in 1817 by a British doctor named James Parkinson. Among the diseases that develop as a result of nerve cell loss, the most common disease after Alzheimer's disease is Parkinson's, and this disease occurs at an average age of 60 years. Approximately 5 million in the world, in Turkey is estimated to be 150 thousand Parkinson's disease. Parkinson is a disease that significantly affects quality of life such as tremors, deceleration in movements, balance disorders, speech, writing and gait disturbances. Diagnosis at the early stages of the disease is very important to control these symptoms. In this study, various machine learning methods were applied on a set of biomedical sound measurements taken from 31 subjects ,23 with Parkinson's disease. The related results were presented and discussed.

Keywords: Machine Learning, Parkinson, Disease Diagnosis

Giriş

Dopamin, substansiya nigra ile vücut hareketlerini kontrol eden diğer beyin bölgeleri arasında mesajlar ileten bir kimyasaldır (Karabudak R. 2014). Dopamin üretimi yapan hücrelerin %60 ila 80'i kaybedildiğinde Parkinson hastalığının titreme, hareketlerde yavaşlama, denge bozuklukları, konuşma, yazma, yürüme bozuklukları, psikolojik bozukluklar ve uyku bozuklukları gibi motor ve motor-dışı semptomları ortaya çıkar. Parkinson hastalığı olan birçok kişide çeşitli konuşma bozuklukları olduğu görülmektedir. En sık bildirilen konuşma bozuklukları ise sesin zayıf, boğuk, nazone veya monoton çıkması, bozulmuş artikülasyon, yavaş veya hızlı konuşma, konuşmayı başlatmada zorlanma, seslerin vurgu ve ritminin bozulması, kekemelik ve seste titreme olarak sayılabilir UĞUREL B, ERANIL Ö, AKTEKİN B, DOĞAN M. 2012). Bu parkinsonizm belirtileri farklı nedenlere bağlı olarak da ortaya çıkabilir ve bazen hastalara yanlışlıkla Parkinson teşhisi konulabilmektedir. Bu nedenle farklı sebeplere bağlı parkinsonizm belirtilerinin tedavilerinde hasta tedaviye yanıt vermeyebilir. Ayrıca parkinson hastalığı için uygulanan semptomik tedaviler genellikle erken dönemlerde etkili olabilmektedir. Dolayısıyla parkinsonda erken evrelerde kesin tanı koyulması ve doğru tedavinin belirlenmesi hastanın yaşam kalitesini mümkün olan en iyi seviyede tutmak için çok önemlidir.

Hastalardan alınan medikal ses ölçüm verileri üzerinde uygulanan öğrenme teknikleri ile erken tanı mümkün olmaktadır.

Tezin birinci bölümde Parkinson Hastalığı, nedenleri çeşitli belirtileri ve insan hayatı üzerindeki etkilerinden bahsedilmiştir. Tezin ikinci bölümünde makine öğrenmesinin tarihi genel uygulanması ve tıp alanında makine öğrenmesi üzerinde durulmuştur. Tezin üçüncü bölümünde modelin detayları anlatılmaktadır. Dördüncü ve beşinci bölümler değerlendirme ve sonuç bölümleridir.

Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Parkinson hastalığı olan kişilerin ses kayıtlarından faydalanılmıştır. Oluşturulan makine öğrenmesi yöntemleri ile herhangi bir bireyin Parkinson hastası olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Yapılan uygulamalarda Max A. Little tarafından hazırlanan veri seti kullanılmıştır. Veri seti 23'ü Parkinson hastası olan 31 denekten alınan biyomedikal ses ölçümlerinden oluşmaktadır. Çok boyutlu ses analiz programı MDVP ile yapılan ölçümler temel frekans (Fo), temel frekanstaki düzensizlik (Jitter), ses sinyallerindeki şiddet değişimleri (Shimmer), doğrusal olmaya temel ölçüm sıklığı (PPE), gürültü harmonik oranı (NHR) gibi birçok farklı değer içermektedir. Veri setinde Parkinson hastalığı bulunan kişiler 1 sağlıklı kişiler ise 0 olarak gösterilmiştir. Parkinson hastalığının teşhis edilebilmesi için veri seti

içerisindeki 22 öznitelik kullanılarak makine öğrenmesi algoritmaları uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Literatür Araştırması

Max A. Little tarafından 2009 da yapılan çalışmada destek vektör makinesi yöntemi ile 91.4% başarı oranı elde edilmiştir. Marius Ene ise 2008 yılında olasılıksal sinir ağları yöntemleri ile %81 oranında başarı elde etmiştir. Mehmet Fatih Çağlar, Bayram Çetişli ve Burcu Toprak 2010 senesinde Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) ve Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları (RTFA). Diğer metot olarak ise Dilsel Kuvvetli Adaptif Sinir-Bulanık Sınıflayıcı (DKASBS) kullanarak %95,38 başarı oranını yakalamışlardır. M. Serdar Başçıl ve arkadaşları 2012 yılında yaptıkları çalışmada olasılıksal sinir ağları yöntemleri ile %95 başarıya ulaşmışlardır. S. BOUCHIKHI ve arkadaşları Relief öznitelik seçim algoritması ve destek vektör makinesi yöntemlerini kullanarak %96,88 doğruluk oranına ulaşmıştır. Özal Bizal 2014 yılında birkaç farklı makine öğrenmesi yöntemi ile çalışmış KNN yöntemi ile %96,97 başarı oranı elde etmiştir.

Parkinson Hastalığı

Parkinson hastalığı motor sistemi büyük ölçüde etkileyen uzun süreli dejeneratif bir hastalıktır. Bu hastalıkta en çok öne çıkan hareket bozuklukları bradikinezi olarak tanımlanan istemli hareketlerin ileri derecede yavaşlaması buna bağlı olarak kaslarda zayıflama, istirahat halindeyken titreme ve postural dengesizliktir. Birçok farklı hastalıkta bu tip parkinsonizm türünde hareket bozuklukları görülebilir.

Bulgular ve Belirtiler

Parkinson Hastalığının en belirgin bulguları motor fonksiyonlardır. Bunun yanında otonomik yetmezlik veya ruh hali, davranış, düşünce değişiklikleri gibi psikiyatrik sorunlar, koku alma duyusunda farklılaşma, uyku problemleri gibi motor olmayan semptomlara da neden olur. Bu motor dışı semptomlar da tanı konulmasına yardımcı olur.

Motor Belirtiler

Sıklıkla karşılaşılan motor belirti ellerin istirahat halinde iken titremesi ve bu durumun derin uyku ve istemli hareketler esnasında ortadan kaybolmasıdır. Bu titreme tipik olarak işaret parmağın ve başparmağın dairesel olarak birbirine dokunması şeklindedir.

Diğer motor belirtiler ise ayakları sürüyerek, küçük adımlarla ve kollar sabit olarak yürüme öne eğik bir duruş, monoton ve alçak sesle konuşma, donuk yüz ifadesi ve el yazısında küçülme olarak sıralanabilir.

Nöropsikiyatrik Belirtiler

Parkinson Hastalığı hastalar üzerinde en az motor semptomlar kadar olumsuz etkilere sahip olan nöropsikiyatrik problemlere sebep olabilmektedir. En sık karşılaşılan nöropsikiyatrik belirtiler depresyon, ilgisizlik, yorgunluk, kaygı bozuklukları, düşünce bozuklukları ve davranış bozukluklarıdır. Bunlara ek olarak hafıza bozuklukları, düşünmede zorluklar, algı ve zaman tahmininde bozulma gibi durumlar meydana gelebilir. Bu gibi psikiyatrik bozukluklar motor bozuklukların şiddetinin artmasına sebep olmaktadır (BOZDAĞ M, DOĞU U. 2016).

Hipotez

Çalışmamızda kullandığımız Parkinson veri seti için yapılmış çalışmalar arasında "Gaussian Process" yöntemi ile yapılmış herhangi bir çalışma bulunmadığı görülmüştür. Ayrıca Gauss Süreci modelinin temeli normal dağılıma dayanmaktadır ve doğrusal olmayan regression problemlerinde başarı göstermektedir. Ayrıca veri seti yapısı itibariyle çok büyük bir hacme sahip olmadığı için de Gauss Süreci yöntemi ile daha iyi sonuçlara ulaşılabileceğini öngörüyoruz.

Makine Öğrenmesi

Makine Öğrenmesi bilgisayar sistemlerinin bir görevi gerçekleştirmek üzere öğrenmeye ve çıkarıma dayalı algoritmaları ve istatistiksel modelleri kullanması ve buna bağlı bir sonuç üretmesi işlemidir. Yapay zekânın alt dallarından biridir. Makine öğrenmesinde makine öngörüde bulunmak veya karar vermek için açıkça programlanmadan, eğitim verisi denilen örnek verileri kullanarak matematiksel bir model oluşturulur (Bishop, C. M. 2006). Bu model ise geleceğe yönelik tahminde bulunmak için bir tahmin edici görevi görür.

Makine Öğrenmesi kavramının tarihi Alan Turing'in 1950 yılında yazdığı, bugün Turing testi olarak bilinen, makinelerin düşünüp düşünemediğine dair bir deneyin yer aldığı Bilgisayar ve Zekâ adlı makalesine kadar uzanır. Makine öğrenmesi ismi 1959'da Arthur Samuel tarafından bulunmuştur (Samuel, Arthur 1959). Samuel'in dama oyununu kullanan çalışması Makine öğrenmesi alanında yapılan önemli dönüm noktalarından biridir (ŞENER S. t.y). Bu çalışmada ezberci öğrenme ve genelleme yolu ile öğrenme gibi metotlar tasarlanmış ve bilgisayarın başlangıç statüsünden turnuva oyuncusu statüsüne kadar kendini geliştirmesi sağlanmıştır. Önemli dönüm noktalarından biri de 1957 yılında Frank Rosenblatt tarafından yapay sinir ağı 'Perceptron' tanımının yapılmasıdır. İkinci kırılma noktası ise 1986 yılında Geoffrey Hinton, David Rumelhart ve Ronald Williams tarafından ileri sürülen çok katmanlı ağ yapısı ve 'Geriye Yayılım' (Backpropagation) teorisidir. 1995 yılında ise Vladimir Vapnik ve

Corinna Cortes tarafından Destek Vektör Makineleri yöntemi ortaya atılmıştır. Bu çalışma ile Makine Öğrenmesi konusunda yapılacak yeni çalışmalara ışık tutmuşlardır.

Günümüzde ise teknolojinin geldiği noktada hemen hemen her alanda büyük veri karşımıza çıkmaktadır. E-ticaret uygulamalarından birçok veri, tıp alanında kullanılan cihazlardan, sosyal medyadan, borsa işlemlerinden alınan veriler, uydu verileri ve daha birçok farklı alandan elde edilebilecek görüntü, video, ses, yazı, sayısal, grafiksel içerikli veriler analiz edilebilmektedir. Tüm bu veriler geçmişteki veriler kullanılarak o anki verilerin değerlendirilmesinde ve yorumlanmasında kullanılır. Bu verilerin elle analiz edilmesi mümkün olmadığı için makine öğrenmesi metotları geliştirilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır.

Makine Öğrenmesi uygulamalarının gelişimi ile çok farklı öğrenme yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bu yöntemler kullanılan algoritmalara göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- Denetimsiz Öğrenme
- Denetimli Öğrenme
- Yarı-Denetimli Öğrenme
- Takviyeli Öğrenme

Performans Değerlendirme

Makine öğrenmesi çalışmalarında başarı değerlendirmesi olarak modelin kaç tane durumu doğru tahmin ettiğinin bilinmesi yeterli değildir. Modelin performansının doğru bir şekilde değerlendirilmesi için sıklıkla karışıklık matrisi (confusion matrix) kullanılmaktadır. Ayrıca F-Ölçümü ve Öğrenme Eğrisi gibi yöntemler de kullanılabilir.

Destek Vektör Makineleri

Destek vektör makineleri iki sınıfa ait verilerin en uygun biçimde birbirlerinden ayrılması için geliştirilmiş makine öğrenmesi algoritmalarından biridir. Sınıflandırma bir düzlem üzerinde bulunan örnekler arasına bir sınır çizilerek yapılır. Sınır her iki gurubun üyelerine en uzak mesafede olmalıdır. Diğer makine öğrenmesi yöntemlerine göre en önemli avantajı sınıflandırma problemini kareli optimizasyon problemine dönüştürüp çözmesidir. Bu şekilde öğrenme sırasında işlem sayısı azaltılmış olur ve diğer tekniklere göre daha hızlı sonuç verir. Bu nedenle büyük hacimli verilerde kullanımı uygundur. Destek vektör makineleri eğitim esnasında karşılaşılmamış değerleri de sınıflandırmada başarılıdır. Destek vektör makineleri verinin doğrusal olarak ayrılabilme ve ayrılamama durumuna göre iki şekilde uygulanır.

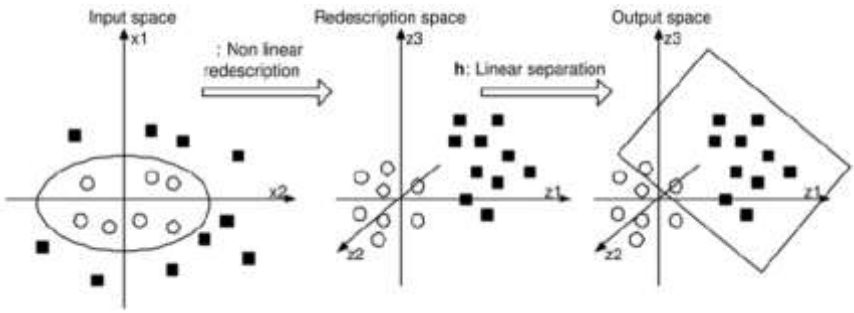
Doğrusal Olmayan Destek Vektör Makineleri

Birçok veri doğrusal olarak ayrılabilmeye müsait değildir. Bu durumda doğrusal olmayan sınıflandırma kullanılmaktadır. Veriler çekirdek fonksiyonu adı verilen fonksiyonlardan geçirilerek özellik uzayına taşınırlar ve burada sınıflandırılırlar. En sık kullanılan çekirdek fonksiyonları denklemi aşağıda verilmiştir.

Radyal tabanlı çekirdek fonksiyonu (RBF)

$$K(x_i, x_j) = \exp\left(\frac{-\|x_i - x_j\|^2}{2\sigma^2}\right)$$

Şekil 1'de doğrusal olmayan sınıflandırma grafiği ve bu grafiğin üç boyutlu uzayda doğrusal düzlem ile ayrılması gösterilmiştir.



Şekil 1: Doğrusal Olmayan Destek Vektör Makineleri Doğrusal Ayırma Gösterimi

K-En yakın Komşu

K en yakın komşu sınıflandırma ve regresyon problemlerinde kullanılan en temel makine öğrenmesi metodudur. Bu yöntemde eğitim aşaması yer almaz, tembel bir öğrenme yöntemidir. Bu nedenle büyük veri setlerinde kullanıma uygun değildir. Sınıflandırılacak olan her bir yeni değer için veri setindeki en yakın mesafedeki k adet örneğe bakılır. Bu k tane örnek hangi sınıfta daha fazla yer alıyorsa yeni değer de o sınıfa dahil olur. Bu çalışmada k örnek sayısı 3 olarak alınmıştır. Mesafe ölçümü için aşağıda verilen Öklid uzaklık hesaplaması kullanılmaktadır denklem aşağıda verilmiştir.

$$d(i,j) = \sqrt{|x_{i1} - x_{j1}|^2 + |x_{i2} - x_{j2}|^2 + \cdots + |x_{ip} - x_{jp}|^2}$$

Karar Ağacı

Karar ağacı Veri Madenciliği alanında en sık kullanılan sınıflandırma yöntemlerinden biridir. Karar Ağacında amaç veri seti içerisindeki tüm elemanları sınıflandırmaktır. Bunun için veri setindeki öznitelikler düğümleri oluşturur ve her düğümde belirlenen kritere göre veri ikiye bölünür. Daha sonra özellik vektörleri incelenir ve en yüksek bilgi kazancına sahip düğüm dallanma yapmak için kullanılır. Bu şekilde bütün elemanlar sınıflandırılıncaya kadar devam edilir. Ağacın yaprakları ise sınıf etiketlerini oluşturur.

Karar ağacı uygulamasında ayırt edici nitelikleri belirlemek için her nitelik için bilgi kazancı (information gain) ölçülür. Ölçüm için karmaşıklık (entropi) değeri kullanılır. Entropi beklenmeyen durumların ve belirsizliklerin olma olasılığı ile ilgilidir. Entropi denklemi aşağıda verilmiştir.

$$H = -\sum P(x)\log P(x)$$

Bu denklemde P(x) bir sınıfa ait grubun yüzdesini H ise entropiyi belirlemektedir.

Karar ağacında entropi değerinin en az olduğu bölünmeler yapılması gerekmektedir. Bunun için aşağıdaki denklemle bilgi kazancı hesaplanır.

$$\mathrm{Gain}(S, D) = H(S) - \sum_{V \in D} \frac{|V|}{|S|} H(V)$$

Bu denklem D özelliğinin S orijinal veri kümesi için bilgi kazancını verir. Bilgi kazancının en yüksek olduğu özellik ise kök olarak belirlenir ve bu düğümden dallanma yapılır.

Rastgele Orman

Rastgele Orman eğitim ve test olarak ayrılan veri seti üzerinde karar ağacı algoritmasının n defa uygulanması ile daha iyi tahminler yapılmasını sağlayan bir modeldir. Hem sınıflandırma hem de regresyon için kullanılabilmektedir. İstenilen sayıda ağaç oluşturulabilmesi ve en önemli özniteliği belirlemek için kullanılabilmesi nedeni ile diğer regresyon ve sınıflandırma araçlarına göre avantajlıdır.

Rastgele Orman algoritmasında kullanıcı tarafından ağaç sayısı (N) ve her bir düğümde kullanılacak değişken sayısı (m) olmak üzere iki parametre alınır. Daha sonra eğitim veri setinin 2/3'lük kısmı öğrenme (in Bag) 1/3 ü de test verisi (Out of bag) olarak seçilir. Her düğüm için m değeri tüm değerler arasından rastgele seçilir ve bu değerler arasındaki en iyi dal belirlenir. Bunun için GINI indeksi kullanılır. Denklemi aşağıda gösterilmiştir.

$$GINI(T)= 1- \sum_{j=1}^{n} (P_j)^2$$

Denklemde T veri setinin tamamını, P_j her verinin kendisinden küçük ve büyük eleman sayılarına bölümünün karesini, n ise seçilen veriyi göstermektedir. Algoritma her bir düğümde GINI indeksini hesaplar, GINI indeksinin küçük olduğu değişkeni seçerek diğer düğüme geçer. GINI indeksi sıfır olduğunda düğüm homojendir ve dallanma sona erer. Böylelikle ağaçlar oluşturulur. Her bir ağacın ağırlığı OOB hata oranına göre belirlenir. En düşük hata oranına sahip ağaç en yüksek ağırlığı, en yüksek hata oranına sahip ağaç ise en düşük ağırlığı alır (AKMAN M, GENÇ Y, ANKARALI H, 2011). Daha sonra her bir ağaç ağırlığına göre sınıflandırma oyu kullanır. Son olarak Rastgele Orman algoritmasında bu oylar toplanır.

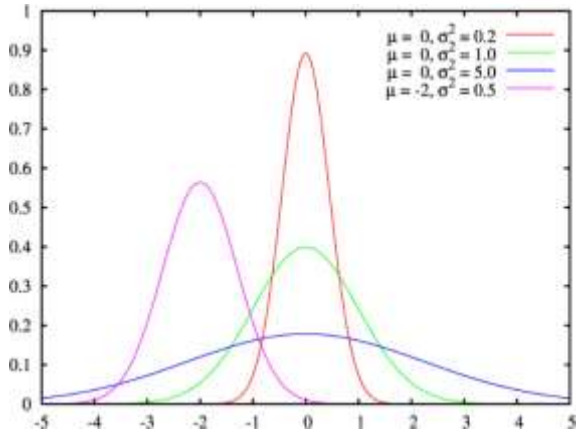
Gauss Süreci

Gaussian Process hem regresyon hem de sınıflandırma problemleri için kullanılabilen güçlü bir yöntemdir. Çok çeşitli makine öğrenmesi problemlerinde kullanılmıştır. Esnek ve parametrik olmayan yapısı sayesinde çok tercih edilir. Gaussian Process ile makine öğrenmesi uygulamasında tembel öğrenmeye dayanır ve eğitim verilerinde karşılaşılmayan noktaların tahmini için çekirdek fonksiyonunu kullanılır. Bu nedenle diğer çekirdek fonksiyonlu yöntemler ile birçok ortak özelliği vardır.

Gauss Süreci, gauss olasılık dağılımının bir genellemesidir (Rasmussen, C.E.; Williams, C.K.I 2006). Gauss olasılık dağılımı bir diğer adıyla normal dağılım iki parametre ile tanımlanabilir: μ, aritmetik ortalama ve σ2 varyansdır. Standart normal dağılım ile verileri analiz etmek için Carl Friedrich Gauss olasılık yoğunluk fonksiyonunu tanımlamıştır (Gauss, Carolo Friderico 1809). Bu fonksiyonun grafiği çan şeklinde olduğu için çan eğrisi olarak da adlandırılır. Denklem aşağıda verilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Formüldeki μ değeri ortalama değer anlamına gelir. Çan eğrisinin tepe noktasının x değerini belirler. Şekil 2'de örnek olarak μ değerlerine karşılık tepe noktaları görülmektedir.



Şekil 2: Çan Eğrisi Grafiği

Kesikli olmayan değerlere sahip öznitelikler için o öznitelik uzayındaki örneklerin Gauss (normal) Dağılımına sahip olduğu kabul edilir.

Her öznitelik için ortalama ve varyans tek tek hesaplanır. Bu değerler denklem 2.14 kullanılarak hesaplanır ve Gauss dağılım elde edilir.

Lojistik Regresyon

Lojistik Regresyon sıklıkla kategorik verilerin sınıflandırılmasında kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu yöntemde bağımsız değişkenlerin sonuç değişkenler üzerindeki etkileri olasılık olarak hesaplanır (Baş, S. & Uzun, A. 2018). Sınıflandırıcı değişkenin iki sonuçlu olduğu durumlarda ikili lojistik regresyon analizi kullanılır. Bu modelde sınıflandırıcı değişken bağımlı değişken olarak belirlenir ve bağımız değişkenlerle arasındaki ilişki incelenerek sınıflandırmada kullanılır (Burmaoğlu S, Oktay E, Özen Ü 2009). Lojistik regresyon, s, bağımsız x değişkeninin -∞ ile +∞ arasında değerler alabilen doğrusal işlevi olmak üzere,

$$f(s) = \frac{e^{s}}{1 + e^{s}} = \frac{1}{1 + e^{-s}}$$

eşitsizliği ile ifade edilir (Gök, M, Atuntaş, V,2017).

Naive Bayes

Naive Bayes algoritması, verilen bir veri setindeki değerlerin sıklığını ve kombinasyonlarını sayarak bir olasılık kümesini hesaplayan basit bir olasılık sınıflandırıcısıdır (Domingos P, Pazzani M 1997). Bayesian sınıflandırıcısı veri içerisindeki öznitelikler arası bazı ilişkiler verilmemiş olsa bile sınıflandırma

problemlerinde çok iyi performans göstermektedir (Reprinted from Nature 1968). Bu model özellikle büyük veriler için kullanışlı ve etkili bir yöntemdir. Naive Bayes tembel öğrenme algoritmasıdır bir eğitim aşaması yoktur. Elemanları sınıflandırmak için hedef değişken ile bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiyi analiz eder. Naive Bayes sınıflandırıcıın alt yapısını Bayes Teoremi oluşturur.

Bayes Teaoremi denklemi aşağıda verilmiştir.

$$P\left(\frac{C_j}{x}\right) = \frac{P\left(\frac{x}{C_j}\right) \cdot P(C_j)}{P(x)}$$

Naive Bayes sınıflandırıcı için C sınıfı tahmin edilirken tüm özellikler için yukarıdaki denklem hesaplandığında aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$Y' \leftarrow \operatorname{argmax}_{yj} \frac{P(y_j)\prod_{i=1}^{m} P(x = x_i|y_i)}{\sum_{j=1}^{j} P(y_j)\prod_{i=1}^{m} P(x = x_i|y_i)}$$

Her bir sınıf için bu eşitlik uygulanıp olasılık hesaplanır. En büyük olasılığa sahip sınıf hedef sınıf olarak belirlenir.

Kullanılan Metotlar

Bu çalışma jupyter notebook kullanılarak phyton dilinde yapılmıştır. Python pandas ve numpy kütüphaneleri kullanılmıştır. Ayrıca makine öğrenmesi yöntemlerini uygulamak için ise karar ağaçları, rastgele ormanlar, gauss süreci, destek vektör makineleri gibi birçok yöntemi içeren scikit-learn kütüphanesi kullanılmıştır. Matplotlib ve seaborn kütüphaneleriyle de modellere ait grafiklerin çizimleri gerçekleştirilmiştir.

Veri setinin %30'u eğitim verisi %70'i ise test verisi olarak seçilmiştir. Verinin eğitimi, testi ve doğruluğunun hesaplanması, öğrenme eğrilerinin çıkarılması farklı modeller için yapılmıştır. Veri seti üzerinde sırasıyla aşağıdaki modeller uygulanmıştır. Rastgele Orman yöntemi ile öznitelik seçimi uygulaması yapılmıştır.

- Karar Ağacı
- Rastgele Orman
- Destek Vektör Makineleri
- K-En Yakın Komşu
- Naive Bayes
- Gauss Süreci
- Lojistik Regresyon

Veri Seti

Öznitelik isimleri uygulamada hatalara sebep olmaması için ikinci sütundaki gibi değiştirilmiş ve bu şekilde kullanılmıştır. Üçüncü sütunda ise özniteliklerin açıklamaları verilmiştir. Bu çalışmada 22 öznitelik bağımsız değişken olarak ve hastalık durumunu gösteren "status" ise bağımlı değişken olarak belirlenmiştir.

Veri setini uygulamaya uygun hale getirmek için 195'e 25 boyutlarındaki veri seti ".csv" uzantılı dosya olarak düzenlenmiştir.

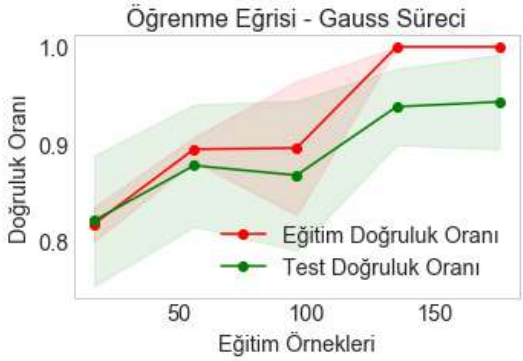
Değerlendirme

Yapılan çalışmanın sonucunda her bir model için öğrenme eğrileri grafikleri çıkartılmıştır. Her bir model ile elde edilen grafik şekilde gösterilmiştir. Grafiklerin X eksenlerinde örnek sayısı Y eksenlerinde ise doğruluk değeri yer almaktadır.

Lojistik Regresyon ve Naive Bayes modellerinde eğitim aşamasında skor düşüş göstermektedir. Lojistik Regresyon modeli için test skorunda bir miktar yükselme gözlenirken, Naive Bayes modelinde ise doğruluk değeri giderek düşen bir eğri ortaya çıkmıştır.

DVM yönteminde test aşamasında doğruluk değerinde istenilen şekilde yükselme görülememiştir. Eğitim aşamasında doğruluk değerinin giderek düştüğü görülmektedir. Rastgele Orman ve Karar Ağacı modellerinde diğer modellere göre öğrenme eğrilerinde belirgin bir iyileşme söz konusudur.

Şekil 3'te Gauss Süreci modelinde eğitim ve test doğruluk değeri 50-100 örnek arasında kayda değer şekilde artış göstermiştir. Öğrenme eğrisi doğruluk değeri sürecin sonunda diğer modellere göre yüksek görünmektedir.



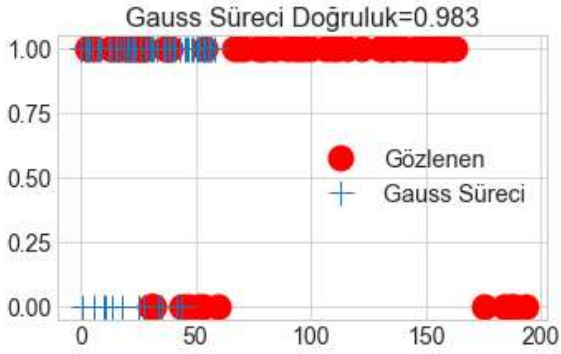
Şekil 3: Gauss Süreci Öğrenme Eğrisi Grafiği

K En Yakın Komşu yöntemi ile öğrenme eğrisi grafiği ideale en yakın sonuçları vermiştir. Fakat Gauss Süreci modelinde doğruluk oranı çok daha yüksektir.

Sonuçlar

Parkinson hastalığının erken evrelerde ve yüksek doğruluk oranı ile tespit edilmesi hastaların yaşam kalitesini mümkün olan en iyi düzeyde tutmak için çok önemlidir. Bu çalışma ile Parkinson Hastalığının hastalardan alınan ses verileri kullanılarak yüksek doğruluk oranlarında tespit edilmesinin mümkün olduğu görülmüştür. Elimizdeki veri seti 23 Parkinson Hastası ve 8 sağlıklı insandan alınan ses örneklerinden oluşuyordu. Veri setinin yapısı itibari ile hasta insanlardaki ses anormalliklerinin tespiti için Gauss Süreci modeli uygun bir yöntemdi. Veri seti üzerinde farklı modeller ile çalışma yapılmış fakat Gauss Süreci modeli ile yapılan herhangi bir çalışma söz konusu değildi.

Daha önce yapılan çalışmalardan farklı olarak Gauss Süreci modeli ile %98 doğruluk oranıyla daha yüksek bir başarı yakalanmıştır. Şekil 4'te Gauss Süreci modeli sonucunda elde edilen doğruluk oranı gösterilmiştir.



Şekil 4: Gauss Süreci Modeli Doğruluk Oranı Grafiği

Bununla beraber K-En Yakın Komşu ve Rastgele Orman yöntemleri ile 0,93 oranında başarı elde edilmiştir. Bu yöntemler ile de elde edilen başarı oranları daha önce yapılan birçok çalışmaya göre daha yüksektir.

Çalışmada uygulanan makine öğrenmesi yöntemleri ile elde edilen başarı oranları Çizelge 1'de toparlanmıştır.

Çizelge 1: Sonuçlar

Yöntem	Sonuç
Lojistik Regresyon	0,847
Naive Bayes	0,746
Destek Vektör Makineleri	0,898
Rastgele Orman	0,932
K-En Yakın Komşu	0,932
Gauss Süreci	**0,983**
Karar Ağacı	0,898

Çalışmamızda ayrıca Rastgele Orman algoritması ile öznitelik seçme işlemi yapılmıştır. Bunun sonucunda doğrusal olmayan temel frekans değişimi olan üç değerden ikisi PPE ve Spread1 değerlerinin en önemli öznitelikler olduğu belirlenmiştir. Bu iki değerin ardından ortalama ses temel frekansı (MDVP:Fo(Hz)) ve maksimum ses temel frekansı (MDVP:Fhi(Hz)) değerlerinin diğer ölçümlerden hatırı sayılır şekilde daha yüksek öneme sahip olduğu görülmüştür. Bütün öznitelikler içerisinden belirlenen bu en önemli öznitelikler üzerinde aynı makine öğrenmesi modelleri tekrarlandığında başarı oranlarında düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Diğer tüm öznitelikler ile beraber Parkinson Hastalığının daha yüksek doğruluk oranı ile teşhis edildiği görülmüştür.

Kaynaklar

Karabudak R.(2014) Parkinson Hatalığı. Türk Nöroloji Derneği

UĞUREL B, ERANIL Ö, AKTEKİN B, DOĞAN M. (2012) Erken Başlangıçlı Parkinson Hastalığında Psikojenik Disfoni: Olgu Sunumu. Yeditepe Üniversitesi Hastanesi Nöroloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

BOZDAĞ M, DOĞU U. (2016) Neuropsychiatric Symptoms in Parkinson's Disease Nöroloji AD. Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Mersin -Turkiye Klinikleri J Neurol-Special Topics. 9(4):28-33.

Bishop, C. M. (2006), Pattern Recognition and Machine Learning.

Samuel, Arthur (1959). "Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers". IBM Journal of Research and Development. 3 (3): 210–229.

ŞENER S. (t.y) Yapay Zeka, Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenme Arasındaki Farklar, Alındığı Tarih: 25.04.2019 https://www.endustri40.com/yapay-zeka-makine-ogrenimi-ve-derin-ogrenme-arasindaki-farklar/.

AKMAN M, GENÇ Y, ANKARALI H, (2011). Random Forests Yöntemi ve Sağlık Alanında Bir Uygulama. Turkiye Klinikleri J Biostat.

Rasmussen, C.E.; Williams, C.K.I (2006). Gaussian Processes for Machine Learning. MIT Press.

Gauss, Carolo Friderico (1809). Theoria motvs corporvm coelestivm in sectionibvs conicis Solem ambientivm [Theory of the Motion of the Heavenly Bodies Moving about the Sun in Conic Sections].

Baş, S. & Uzun, A. (2018). “Tedarik Zincirinde Müşteri Siparişlerinin Lojistik Regresyon Analizi İle Değerlendirilmesi”, Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(3), 67-81.

Burmaoğlu S, Oktay E, Özen Ü (2009). “Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı Beşeri Kalkınma Endeksi Verilerini Kullanarak Diskriminant Analizi Ve Lojistik Regresyon Analizinin Sınıflandırma Performanslarının Karşılaştıılması” 28-30.

Gök, M, Atuntaş, V,(2017) “Regresyon Analizi”, (Ed. Akçetin E, Çelik, U, Gök, M.) “Rapidminer ile Veri Madenciliği”, 85-86, Pusula yayıncılık, Ankara.

Domingos P, Pazzani M (1997). On the Optimality of the Simple Bayesian Classifier under Zero-One Loss, Machine Learning, 29, 103-130.

Reprinted from Nature, Vol. 218, No. 5136, pp. 19-22, April 6, 1968 https://stacks.stanford.edu/file/druid:jt687kv7146/jt687kv7146.pdf.

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA YÖRÜNGE PLANLAMA YÖNTEMLERİ

PATH PLANNING METHODS IN UNMANNED AERIAL VEHICLES

Serapnur TÜZÜN [*]
[*] *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Havacılık Bilimi ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye, E-posta: serapnurtuzun@gmail.com*
Sezcan YILMAZ [**]
[**] *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye E-posta: sezcan@gmail.com*

Özet: İnsansız hava araçları (İHA) içerisinde pilot bulunmayıp uzaktan ya da otonom olarak kontrol edilebilen hava araçlarıdır. Bu araçlar kendilerinden beklenen görevleri icra edebilmeleri için farklı yapılarda olabilmektedir. Sabit ve döner kanatlı olabilen İHA'lar açık veya kapalı ortamlarda kullanılabilmektedir. Yüksek irtifada uzun süre havada kalması gereken görevlerde genellikle büyük boyutlu ve sabit kanatlı İHA'ları kullanmak daha makulken, kapalı ortamda arama kurtarma gibi görevlerinde küçük boyutlu ve çok rotorlu döner kanatlı İHA'ları kullanmak daha makuldür. Yörünge planlama, otonom olarak hareket eden İHA'lar da kritik bir öneme sahiptir. Sabit kanatlı hava araçlarında yörünge planlaması yapılırken hız, menzil, minimum dönüş yarıçapı, kalkış ve iniş mesafeleri gibi uçuş mekaniği özellikleri dikkate alınmaktadır. İç ortamda kullanılan döner kanatlı hava araçları için yapılan yörünge planlarında ise ilave olarak ortamın üç boyutlu modelinin de bilinmesi veya oluşturulması gerekir. Bu nedenle aynı görevin farklı hava araçlarıyla gerçekleştirilmesinde kullanılacak yörünge planları dahi hava aracı özelinde oluşturulmalıdır. Dahası, aynı hava aracı için bile yükleme durumu ve hava koşullarına bağlı olarak yörünge planının güncellenmesi gerekir. Bu çalışmada, dinamik ortamlarda yörünge planlama ile ilgili gerçekleştirilmiş olan çeşitli çalışmalar incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: İnsansız hava aracı, İHA, yörünge planlama, drone

Abstract: Unmanned aerial vehicles (UAVs) are airborne systems controlled remotely or autonomously without pilots. These systems have a wide range of structures designed for performing a great number of different tasks. They are suitable for indoor or in outdoor use, and may have fixed or rotary wings. While large-sized fixed-wing UAVs are used for tasks that require long flight periods at high altitudes, small-sizes multi-rotor rotary-wing drones are considered more suitable for tasks in closed environments such as search and rescue missions. Path planning is of critical importance for autonomous UAVs. In path planning for fixed-wing aircrafts, flight dynamical features such as speed, range, minimum turn radius, take-off and landing distances are taken into account. For rotary-wing aircrafts used in indoor environments, 3D models of the environments are required for path planning. This implies the need for different trajectory plans when using different air vehicles for the same task. Moreover, even with the same aircraft, path plans are to be updated when

changes occur in loading and weather conditions. In this study, various studies on path planning in dynamic environments are investigated.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, UAV, path planning, drone

Giriş

İnsansız hava araçlarına (İHA) olan talep arttıkça bu teknolojiye yapılan yatırımlarda her geçen gün büyümektedir. İHA'lar arama, gözetleme, takip ve haritalama gibi geniş uygulama alanlarına sahiptir (Tisdale ve diğerleri, 2009). Otonom İHA'larda ki gelişmeler, birçok devlet ve askeri organizasyonun ilgisini çekmektedir (Roberge ve diğerleri, 2012). İHA'ların ölçüm yeteneklerini verimli bir şekilde kullanabilmek ve geliştirmek adına merkezi olmayan algılama ve işbirlikçi yörünge planlama metotları üzerinde çalışılmaktadır (Tisdale ve diğerleri, 2009).

Otonom İHA'ların tanımlanan görevleri başarılı bir şekilde icra etmeleri için yörünge planlama kritik bir öneme sahiptir (Primatesta ve diğerleri, 2018). İHA'ların kullanım alanları arttıkça yörünge planlama için kullanılan mevcut metotların ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda artış göstermektedir. Bu nedenle mevcut metotlarda verimin arttırılması veya yeni ihtiyaçların karşılanması adına mevcut yörünge planlama metotlarında iyileştirmeler yapılmaktadır. Gerçekleştirilen iyileştirmelerin problemi çözmemesi veya yetersiz kalması halinde ise yeni metotlar geliştirilmektedir. Birçok durumda birden fazla operatörle idare edilen İHA'lar ihtiyaçlar doğrultusunda bağımsız taktiksel kararlar alıp diğer İHA'lar ile eşgüdümlü olarak kullanılabilir hale getirilebilir. Bu sayede tek bir operatör ile bir İHA filosunun kontrol edilebilme potansiyeli oluşur. Hava operasyonlarında hem uçak savar olarak görev yapan hem de hedefe saldıran İHA'lar bu görevleri iş birliği içinde yerinde getirmektedir. Bu görevlerin her ikisini de tek başına yapabilen İHA'ların planlamasını yapmak ise oldukça zordur. Bu nedenle iş yükünün fazla olduğu savunma alanlarında iş birlikçi İHA gruplarını tasarlamak daha başarılı sonuçlar doğurmaktadır (Bellingham ve diğerleri, 2002).

İnsansız hava araçlarında yörünge oluşturulurken engeller ve tehditler gibi pek çok etkili faktör vardır (Chen ve diğerleri, 2013). Günümüzde çok sayıda iki boyutlu yörünge planlama yöntemi mevcuttur. Ancak bu yöntemler içinde engeller bulunan iç ya da dış ortamlar için uygun değildir (Li ve diğerleri, 2018). İç veya dış ortamda kullanılacak İHA'lar ve yörünge planlama yöntemleri farklılık göstermektedir.

Sivil ya da ticari amaçla kullanılan İHA'lar gözetleme ve algılama gibi görevlerin yanında arama ve kurtarma gibi görevleri de yerine getirebilirler. Bu tip görevlerde önceden belirlenen birçok değişkenin yanında beklenmeyen olaylar ve hava koşullarındaki anlık değişmeler gibi dinamik çevre yapısı nedeniyle yörünge planı oluşturmak gerçek zamanlı olarak çözülmesi gereken bir problem haline gelmektedir. Tasarlanmış iç ortamlarda menzilin daha kısa ve değişken şartların daha az olması nedeniyle iki boyutlu yörünge planlama yöntemleri kullanılabilmektedir. Ancak şartların dinamik olarak sürekli değiştiği iç ve dış ortamlarda bu tür yöntemler çözüm üretmekten uzaktır.

İç ortam görevlerinde daha çok hafif ve düşük maliyetli döner kanat İHA'lar tercih edilmekte iken uzun mesafe ve yüksek irtifanın söz konusu olduğu dış ortam görevlerinde daha çok sabit kanatlı İHA'lar tercih edilmektedir (Tomic ve diğerleri, 2012).

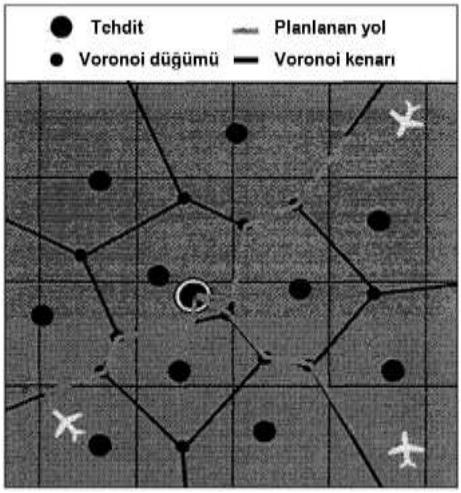
Uygun bir yörünge planı hava araçlarının görevlerini yerine getirmelerinde birçok çok avantaj sağlamaktadır. Özellikle pilota kazandırdığı zaman ve bağımsız olarak geliştirilebilen taktiksel kompleks görevlerde oldukça faydalıdır. Hem tek hem de çoklu İHA'ların yörünge planlamaları pek çok farklı metotla yapılmaktadır. Yörünge planlama yöntemlerini klasik ve sezgisel olarak ikiye ayırmak mümkündür. En yaygın klasik yöntemler; hücre ayrıştırma yöntemi (CD), potansiyel alan yöntemi (PFM), alt hedef yöntemi (SG) ve örneklemeye dayalı yöntemler olarak sıralanabilir. Sezgisel yöntemler ise; bulanık mantık (FF), sinir ağı (NN), doğadan ilham alan yöntemler (NIM) ve hibrit yöntemleri içermektedir (Mac ve diğerleri, 2016; Mac ve diğerleri, 2018).

Yörünge Planlama

Yörünge bir cismin başlangıç noktasından hedefe ulaşması esnasında izlediği yol olarak tanımlanabilir. Yörünge İHA'nın otonom kontrol sistemleri içerisindeki kontrolörün referans girdilerinden en önemlisidir. Bu nedenle otonom olarak kontrol edilmekte olan İHA'larda görevin başarıyla gerçekleştirilebilmesi için yörünge planlama en önemli faaliyetlerden birisidir. Yörünge planlama ile ilgili ilk çalışmalarda en iyi yol, en kısa yoldur şeklinde bir görüş benimsenmiştir. Ancak kısa sürede bu tanımın yetersiz olduğu görülmüş ve tanıma mesafeyi, yakıt tüketimini, irtifayı ve radar yakalanmasını en aza indiren yol gibi tabirler ilave edilmiştir. Yörünge planı, hava aracının yapısından kaynaklı dinamik karakteristiği (minimum dönme yarıçapı, ağırlığı ve hız kısıtı gibi), sınırlayıcı koşullar, kontrol kısıtları ve amaç fonksiyonundan meydana gelen bir problem olarak formüle edilir. İHA'nın kullanıldığı ortam ve amaç fonksiyonu olarak ifade edilen görev tanımı yörünge planlamada etkilidir. Yörünge planlama ile ilgili geçmiş çalışmalarda önerilen metotlardan bazılarının uygulanabilmeleri için ihtiyaç duydukları verilerin sağlanmasında kullanılmakta olan ekipmanların kullanılabilirliğine göre ya sadece iç ortamda ya da sadece dış ortamda kullanılabiliyorken bazıları ise her iki ortamda da kullanıma uygundur.

Chandler ve diğerleri (2000) İHA yörünge planlamasında işbirlikçi bir yöntem üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada farklı bölgelerde konuşlandırılmış olan birden fazla İHA'nın minimum radar izi ile ortak bir hedefe senkronize olarak erişmelerini sağlamak amaçlanmıştır. Her araç yörüngesini kendi kısıtları doğrultusunda iki aşamalı bir prosedürü izleyerek planlamaktadır. İlk aşamada radarların önceden bilinen etki alanları ve koordinatları dikkate alınarak Voronoi diyagramları yardımı ile olası yörünge alternatifleri oluşturulur. Ardından olası yörünge alternatifleri arasından optimum yörünge planının belirlenmesinde Djikstra veya benzeri bir arama algoritması kullanılarak Voronoi çokgenlerinden bir optimum yol planı oluşturulur. İkinci aşamada ise çokgenler üzerinden oluşturulan optimum yol İHA'nın manevra kabiliyetleri dikkate alınarak izlenebilir bir yörünge haline getirilir. Tüm bu işlemler sonucunda her İHA için

ayrı ayrı elde edilen yörünge planları bir koordinasyon aracı vasıtası ile tahmini varış zamanına göre yeniden düzenlenerek son halini alır. Şekil 1'de bu çalışmanın üç İHA için uygulandığı olası bir senaryo için oluşturulan yol planı görülmektedir.



Şekil 1. Üç araçlı Voronoi yörünge planlama, (Chandler ve diğerleri, 2000)

Bortoff, (2000) ise tek araç için Chandler ve diğerleri (2000) tarafından önerilen yapıya benzeyen iki aşamalı bir yöntem önermiştir. Birinci aşamada yine Voronoi diyagramları ve arama algoritmaları kullanılarak çokgenler üzerinden bir optimum yörünge elde edilmektedir. İkinci aşamada ise çokgenler üzerinden tanımlanan çözüm bir dizi doğrusal olmayan adi diferansiyel denklemin başlangıç koşulu olduğu bir yapı tanımlanmaktadır. Bu adi diferansiyel denklemler yörünge üzerinde yer alan bir dizi sanal kütlenin sanal bir güç alanı içerisindeki dinamik davranışlarını tanımlamaktadır. Sanal kuvvetler sanal kütleleri radarlardan ve birbirlerinden uzağa doğru itme eğilimindedir. Bu diferansiyel denklemlerin simülasyonu ile en iyi yörüngeyi elde etmek mümkün olmaktadır.

Jia ve Vagners (2004) evrimsel hesaplama (EC) tekniklerini kullanarak en yakın yolların hesaplanmasını başarılı bir şekilde gerçekleştirmişlerdir. Bu tür metotlarda çözüm esnasında erken yakınsama, optimum yolun bulunmasına engel olabilmektedir. Bu problemin üstesinden gelebilmek için bu çalışmada çeşitli popülasyonların aynı anda gelişerek birbiri ile rekabet halinde olduğu paralel evrimsel algoritmalar üzerinde durulmuştur. Önerilen yöntem sayesinde yerel optimum çözümlere yakalanmadan global optimum çözüme ulaşma ihtimali arttırılmıştır.

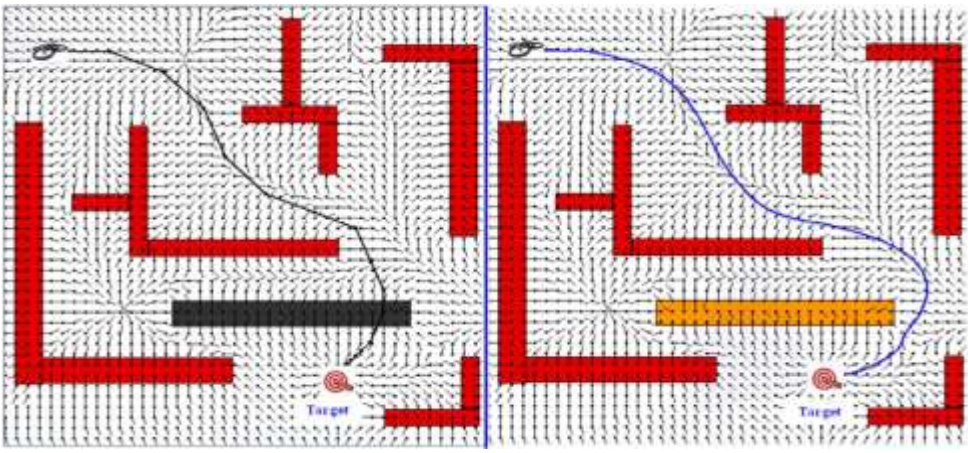
İç Ortam için Yörünge Planlama

İç ortamlar için yörünge planlamada ana motivasyon bilinen, kısmen bilinen ve bilinmeyen ortamlarda engellerden sakınma olarak ifade edilebilir. Bilinen ortamlarda yörünge planlama kolaylıkla gerçekleştirilebilir ancak seyrüsefer

esnasında yörüngenin izlenmesi konum bilgisine doğru bir şekilde ulaşmayı gerekli kılar. Konum verisinin oluşturulmasında birçok algılayıcı ve yöntemden yararlanılabilir. Bilinmeyen ortamlarda ise yörüngenin dinamik olarak planlanabilmesi için dahi algılayıcı verilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

He ve diğerleri (2013) iç ortamlarda kullanılan İHA'ların başlangıç noktasından hedefe ulaşmalarını sağlayacak yörüngenin oluşturulmasında karınca koloni optimizasyon (ACO) algoritmasını kullanışlardır. İHA'nın kullanıldığı alan genellikle yer robotları için kullanılmakta olan iki boyutlu ızgara yöntemi kullanılarak modellenmiştir. Bu çalışmada ACO metodu hem üç boyutlu ortamda çalışabilmesi hem de erken yakınsama ve düşük verimlilik problemlerinin giderilmesi adına değiştirilmiş bir algoritma olarak sunulmuştur. Çalışmada önerilen iyileştirmelerin optimum yolun bulunmasını hızlı ve verimli bir şekilde yapabildiği gerçekleştirilen simülasyonlarla gösterilmiştir.

Mac ve diğerleri (2018) kısmen bilinmeyen iç ortamda kullanılan İHA'nın optimal kontrolü için otonom bir seyrüsefer sistemi önermişlerdir. Önerilen bu sistemde hava aracının konumlandırılmasında optik algılayıcı ve ataletsel ölçüm biriminden (IMU) gelen veriler kullanılmaktadır. Farklı algılayıcılardan gelen bu veriler, aralarındaki zaman gecikmelerinin de dikkate alındığı bir şemada birleştirilmekte ve konumlandırma işleminde kullanılmaktadır. Bu çalışmada tanımlanan hedefe ulaşmak için gerekli olan yörüngenin planlanmasında dinamik olarak engel oluşturma yeteneğine sahip geliştirilmiş potansiyel alan metodu kullanılmaktadır. Şekil 2'de bu yöntemle oluşturulmuş yörünge planları görülmektedir. Şekil 2'nin sol taraftaki şekilde siyah obje önceden bilinmeyen bir engeldir ve sadece potansiyel alanlar metodu uygulanarak bir yörünge oluşturulmuştur. Şekil 2'nin sağ taraftaki şekilde ise dinamik olarak engel oluşturma yeteneğine sahip geliştirilmiş potansiyel alan metodu kullanılarak ortamda olduğu önceden bilinmeyen obje fark edilerek engel olarak görülmüş ve yörünge planı buna göre oluşturulmuştur.



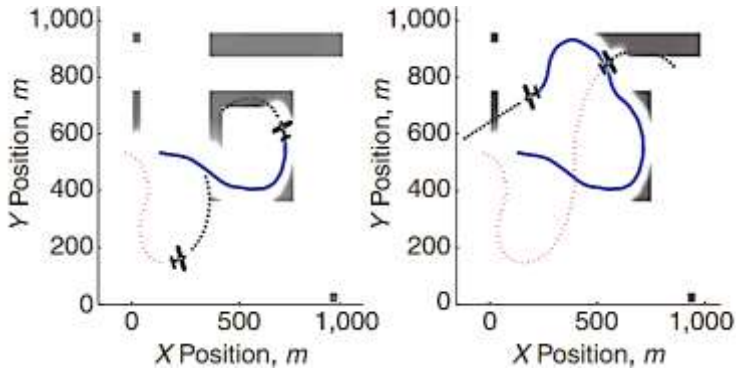
Şekil 2. Dinamik olarak engel oluşturma yeteneğine sahip geliştirilmiş potansiyel alan metodu ile yörünge oluşturma, (Mac ve diğerleri, 2018)

Dış Ortam için Yörünge Planlama

Dış ortamlar için yörünge planlaması yapılırken hava araçlarının uçuş mekaniği özellikleri kadar hava koşulları da dikkate alınmalıdır. Dış ortamlarda kullanılan hava araçlarında planlanan yörüngenin izlenebilmesi önemlidir. Özellikle rüzgar planlanan yörüngenin izlenmesini güçleştiren en önemli faktörlerden birisidir ve yörünge planlanırken özellikle dikkate alınmalıdır (Ceccarelli ve diğerleri 2007; Dogancay, 2012; Kothari ve diğerleri, 2014). Ortamın şartlarından kaynaklı olarak planlanan yörüngeden sapılması halinde yörüngenin güncellenmesi gerekir. Bu nedenle, dış ortamlarda kullanılan hava araçlarında yörüngenin dinamik olarak değişebilmesi önemli bir özelliktir.

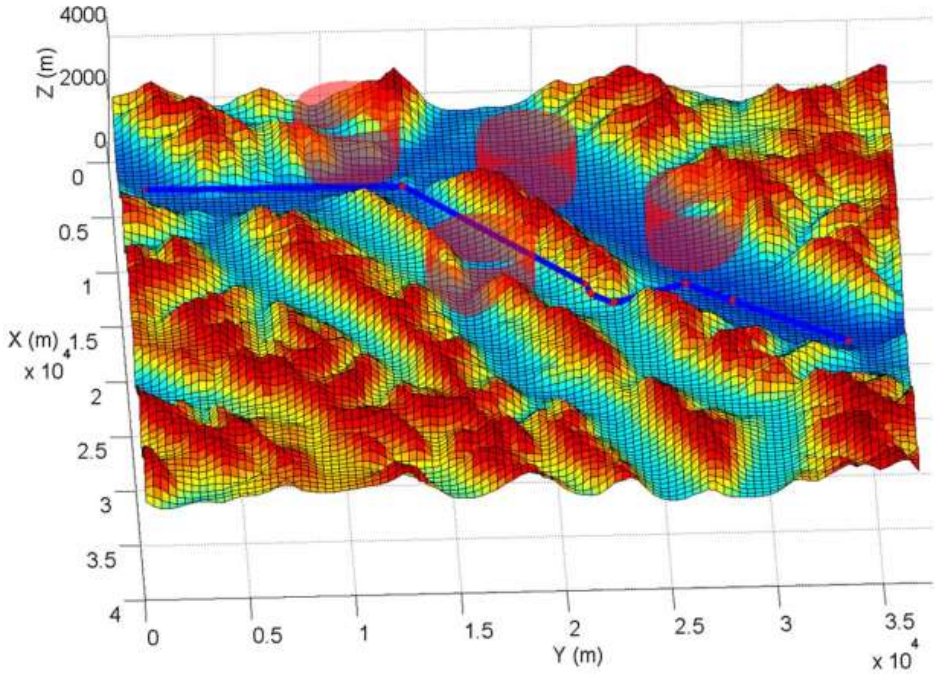
Ceccarelli ve diğerleri (2007) üzerinde sabit kameralar bulunan bir mikro İHA'nın rüzgar alanı içinde çalışırken önceden belirlenen yer hedeflerinden görüntü almasını sağlamak amacı ile yörünge planı oluşturulması ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, sabit yer hedeflerinden görüntü alınabilmesi için yörünge hedeflere belirli açılarla yaklaşılacak şekilde önceden oluşturulmaktadır. Ancak rüzgarın olası etkileri sonucunda hava aracının yörüngeden sapması halinde yörüngenin otonom olarak güncellenmesi için bir yöntem önerilmektedir.

Tisdale ve diğerleri (2009) dış ortamda kullanılan İHA'lar için algılayıcı verilerinin kendi aralarında paylaşıldığı ve yörünge planlamasının çevrimiçi olarak yapıldığı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada sürekli çevrimiçi bilgi alışverişinin yanında algılayıcı verilerinden konum bilgisine ulaşmakta Kalman filtresi kullanılmıştır. Optimal bir yol planı oluşturmak için gradyan-tabanlı bir yaklaşım kullanılmıştır. Optimizasyon probleminin çevrimiçi olarak çözülmesinin gerekliliği nedeni ile hesaplama açısından verimli bir yapı oluşturulmuştur. Şekil 3'te iki hava aracının aynı anda kullanıldığı bir durumda önerilen yöntemle farklı anlarda oluşturulmuş olan hedef yörünge planları ve izlenen yörüngeler görülmektedir.



Şekil 3. Aracın yörüngesi ve farklı zamanlardaki hedef dağılımları (Tisdale ve diğerleri, 2009)

Roberge ve diğerleri (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada üç boyutlu ortamda hareket etmekte olan sabit kanatlı İHA'lara otonom yörünge planlama yeteneği kazandırmada genetik algoritma (GA) ve parçacık sürü optimizasyon algoritması (PSO) kullanılmıştır. GA ile yol planlamada başlangıçta rasgele oluşturulan bir yörüngenin belirli bir maliyet fonksiyonu dahilinde iteratif olarak güncellenmesi ile optimum çözüme ulaşılmaktadır. PSO algoritmasının kullanılması durumunda ise her parçacığın rasgele izlediği yörüngeden kendi aralarında en iyisi seçilip belirli bir hız dahilinde güncellenerek tekrar tekrar iterasyona sokulmasıyla optimum yörünge belirlenmektedir. Burada önerilen yöntemler iteratif hesaplamalar içerdiğinden hesaplama süreleri analitik metotlara nazaran işlemci üzerinde oldukça yüksek bir işlem yükü getirmektedir. Bu işlem yükünün azaltılması adına GA yöntemi için paralel bir hesaplama modülü önerilmiştir. Çalışmada PSO ve GA'nın sonuçlarının kıyaslanması neticesinde önerilen paralel hesaplama modülü sayesinde GA'nın hesaplama süresinin daha kısa olduğu görülmüştür.



Şekil 4. Üç boyutlu dış ortamlar için oluşturulan yörünge planı (Roberge ve diğerleri, 2012)

Dogancay (2012) bir İHA grubunun üzerlerinde taşıdıkları heterojen pasif algılayıcıları kullanarak sabit bir vericiden gelen sinyallere göre konumlarını yüksek bir doğrulukla tespit edebilmeleri için yörüngenin planlanması ile ilgili bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada önerilen yöntemde amaç

konumlandırma problemine çözüm getirecek bir yörünge oluşturmaktır. Önerilen yönlendirme algoritması, bir sonraki yol noktalarını belirlemek için her güncellemede Fisher bilgi matrisinin (FIM) determinantını maksimize etmeye dayanan doğrusal olmayan bir programlama problemini çözer. Konumlandırma için Kalman filtresi kullanır. Bu sistemde konumlandırma dışarıdaki sabit bir kaynaktan gelen sinyale göre gerçekleştiğinden hata olasılığı düşüktür ve rüzgar gibi bozuculardan etkilenmez.

Chen ve diğerleri (2013) hareketli bir yer hedefini izlemek için İHA'nın yönlendirilmesinde ihtiyaç duyulan dinamik yörünge planını oluşturmakta teğetsel vektör alan rehberliği (TVFG) ve Lyapunov vektör alan rehberliği (LVFG) metotlarının aynı anda kullanıldığı hibrit bir yöntem tanımlamışlardır. Bu yöntemde yörünge İHA'nın mevcut konumu, hedefin konumu, İHA'nın gelmesi istenilen konum ve yaklaşma açısına göre belirlenir.

Yu ve diğerleri (2014) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada hareketli hedeflerin izlenmesi için işbirlikçi bir yörünge planlama metodu önerilmiştir. Bu çalışmada izlenen hedefin durumunu ve davranışlarını modellemek için Bayesian filtresinden yararlanılmıştır. İzlenen aracın hedef davranışlarına göre öncelikle tek bir hava aracı için yol planı oluşturulmaktadır. Ardından algoritma birçok hava aracının aynı anda iş birliği içerisinde çalışabilmesi için açık arttırma şemasına dayanan bir planlama algoritması ile birlikte kullanılmaktadır. Birçok hava aracının hedefi iş birliği içerisinde izlemesi sayesinde, hedefin kaybedilmesi olasılığını minimize edecek bir yörünge planı oluşturulmuş olmaktadır.

Sonuç ve Öneriler

İnsansız hava araçlarının verilen görevleri yerine getirebilmesi öncelikle uygun bir yörünge planının oluşturulmasını zorunlu kılar. Özellikle otonom olarak hareket eden İHA'larda yörünge planlama kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmada İHA'larda yörünge planlama ile ilgili olan geçmiş çalışmalarda önerilen alternatif metotlardan bazıları incelenmiştir. İncelenen çalışmalardan görülmüştür ki gerçek hayat şartlarında çevre koşularının değişken olması sebebi ile önceden belirlenen katı bir yörünge planına uymaktansa dinamik yörüngeler kullanmak çok daha verimli ve optimum çözümler sunmaktadır. Bu nedenle özellikle dinamik yörünge planlama metotları öne çıkmaktadır. Yörünge planının dinamik olması özellikle iteratif olarak çalışan bazı metotlara fazlasıyla işlem yükü getirmektedir. Bununda aşılabilmesi adına paralel hesaplama metotları önerilmiştir. İHA'ların tek başına mı yoksa grup halinde mi kullanılacağı yörünge planlama metodu seçiminde önem arz etmekte olduğu görülmektedir.

Kaynaklar

Bellingham, J. S., Tillerson, M., Alighanbari, M., & How, J. P. (2002, December). Cooperative path planning for multiple UAVs in dynamic and uncertain environments. In Proceedings of the 41st IEEE Conference on Decision and Control, 2002. (Vol. 3, pp. 2816-2822). IEEE.

Bortoff, S. A. (2000, September). Path planning for UAVs. In Proceedings of the 2000 American Control Conference. ACC (IEEE Cat. No. 00CH36334) (Vol. 1, No. 6, pp. 364-368). IEEE.

Ceccarelli, N., Enright, J. J., Frazzoli, E., Rasmussen, S. J., & Schumacher, C. J. (2007, July). Micro UAV path planning for reconnaissance in wind. In 2007 American Control Conference (pp. 5310-5315). IEEE.

Chandler, P., Rasmussen, S., & Pachter, M. (2000, August). UAV cooperative path planning. In AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit (pp. 4370).

Chen, H., Chang, K., & Agate, C. S. (2013). UAV path planning with tangent-plus-Lyapunov vector field guidance and obstacle avoidance. *IEEE T. Aero. Elec. Sys.*, 49(2), 840-856.

Dogancay, K. (2012). UAV path planning for passive emitter localization. *IEEE T. Aero. Elec. Sys.*, 48(2), 1150-1166.

He, Y., Zeng, Q., Liu, J., Xu, G., & Deng, X. (2013, May). Path planning for indoor UAV based on Ant Colony Optimization. In 2013 25th Chinese control and decision conference (CCDC) (pp. 2919-2923). IEEE.

How, J. P., Behihke, B., Frank, A., Dale, D., & Vian, J. (2008). Real-time indoor autonomous vehicle test environment. *IEEE Contr. Syst. Mag.*, 28(2), 51-64.

Jia, D., & Vagners, J. (2004, September). Parallel evolutionary algorithms for UAV path planning. In AIAA 1st Intelligent Systems Technical Conference (pp. 6230).

Kothari, M., Postlethwaite, I., & Gu, D. W. (2014). UAV path following in windy urban environments. *J. Intell. Robot. Syst.*, 74(3-4), 1013-1028.

Li, F., Zlatanova, S., Koopman, M., Bai, X., & Diakité, A. (2018). Universal path planning for an indoor drone. *Automat. Constr.*, 95, 275-283.

Mac, T. T., Copot, C., Tran, D. T., & De Keyser, R. (2016). Heuristic approaches in robot path planning: A survey. *Robot. Auton. Syst.*, 86, 13-28.

Mac, T. T., Copot, C., De Keyser, R., & Ionescu, C. M. (2018). The development of an autonomous navigation system with optimal control of an UAV in partly unknown indoor environment. *Mechatronics*, 49, 187-196.

Primatesta, S., Guglieri, G., & Rizzo, A. (2018). A risk-aware path planning strategy for uavs in urban environments. *J. Intell. Robot. Syst.*, 1-15.

Roberge, V., Tarbouchi, M., & Labonté, G. (2012). Comparison of parallel genetic algorithm and particle swarm optimization for real-time UAV path planning. *IEEE T. Ind. Inform.*, 9(1), 132-141.

Tisdale, J., Kim, Z., & Hedrick, J. K. (2009). Autonomous UAV path planning and estimation. *IEEE Robot. Autom. Mag.*, 16(2), 35-42.

Tomic, T., Schmid, K., Lutz, P., Domel, A., Kassecker, M., Mair, E., ... & Burschka, D. (2012). Toward a fully autonomous UAV: Research platform for indoor and outdoor urban search and rescue. *IEEE Robot. Autom. Mag.*, 19(3), 46-56.

Yu, H., Meier, K., Argyle, M., & Beard, R. W. (2014). Cooperative path planning for target tracking in urban environments using unmanned air and ground vehicles. *IEEE-ASME T. Mech.*, 20(2), 541-552.

NALYSIS WITH TAGUCHI METHOD Of EFFECT Of CUTTING PARAMETERS On SURFACE ROUGHNESS AND CUTTING FORCE

Mustafa ÖZDEMİR*
**Department of Machine and Metal Technology, Vocational School of Technical Sciences, Yozgat Bozok University, Yozgat, Turkey*
E mail: mustafa.ozdemir@bozok.edu.tr

Abstract: In this study, the effects of different machining parameters on the average surface roughness (Ra) and main cutting force (Fc) were investigated in turning AISI 304 material. Machining experiments were carried out on CNC lathes. In order to reduce the number of experiments, experimental design was performed using Taguchi L9 orthogonal array. Cutting speed (180 m/min, 230 m/min and 280 m/min), feed rate (0.05 mm/rev, 0.15 mm/rev and 0.25 mm/rev) and cutting depth (0.1 mm, 0.2 mm and 0.3 mm) are used as control factors. In Taguchi design, signal/noise (S/N) ratios were determined and effects of control factors levels were investigated. Analysis of variance (ANOVA) was performed to determine the effect of control factors on Ra ve Fc. According to the results of the analysis, the most effective parameter on Ra was the feed rate, while the depth of the cut was determined to be above the Fc. As a result of optimization tests, high convergence values were determined on Ra and Fc.

Keyword: Taguchi method, Analysis of variance, Surface roughness, Cutting forces

Introduction

The purpose of manufacturing is to convert the material in the form of raw material into any form. In terms of the surface, dimension and shape quality for the manufactured parts, machining is one of the widely used manufacturing mehods in the industry since it can provide the desired quality. The most important aspects in machining process are the realization of the production at the lowest possible cost, the desired quality and the shortest time. While the processes conducted to bring the materials into a certain shape and size by machining from the material surface constitute the purpose of machining in general, machining process is a complex physical phenomenon which is based on elastic and plastic deformation and in which events such as friction, heat formation, chip breaking, deformation hardening on the surface of machined piece and abrasion of the cutting insert are observed [1-3].

Stainless steels, which are among the ferrous materials, are an important material group that has become widespread in recent years. Stainless steels are defined as ferrous alloy containing minimum 10.5 wt.% and maximum 15 wt.% chromium. The basic alloying elements of stainless steel are chrome and nickel. The excellent corrosion resistance, low and high temperature usage, easy formability and aesthetic appearance of stainless steels open a wide usage area for this material group. These alloys come to the fore by their high toughness and high strength values over a wide temperature range and are resistant to oxidation at temperatures up to 540°C [4-6].

When the studies conducted on the processing of stainless steels in the literature are evaluated, Çiftçi examined the effects of tool coating, cutting speed and work piece material on cutting forces and surface roughness in the machining of AISI 304 and AISI 316 austenitic stainless steel. Consequently the studies conducted at cutting speeds of 120, 150, 180 and 210 m/min, feed rate of 0.16 mm/rev and depth of cut of 1.6 mm as cutting parameters, it was determined that while the cutting speed did not have a significant effect on cutting forces, it significantly affected surface roughness [7]. Abdullah et al., investigated the effects of tool tip radius, cutting speed and feed rate on the surface quality of AISI 316L austenitic stainless steel. It was machined with depth of cut (0.4 mm), tool tip radius (0.4, 0.8, and 1.2 mm), cutting speed (100, 130 and 170 m/min) and feed rate (0.10, 0.125 and 0.16 mm/rev) as the cutting parameters. It was determined based on experimental results that tool tip radius, feed rate and cutting speed had different effects on surface roughness [8]. Korkut et al., aimed to determine the ideal cutting parameters in the turning of AISI 304 austenitic stainless steel with cemented carbide tools. In the tests, the effect of the cutting speed on tool wear and surface roughness was examined at three cutting speeds including 120 m/min, 150 m/ min, and 180 m/ min. As a result of the study, tool wear was observed to decrease with the increase of cutting speed to 180 m/min. It was also determined that surface roughness decreased with increasing cutting speed [9]. Özçatalbaş stated that surface roughness decreased with increasing cutting speed but the increase of cutting speed had higher effect in low feed rates; on the other hand, the effect of cutting speed on surface roughness decreased with increasing feed rate. Similarly, while the surface roughness values were high at low cutting speeds in C4140 steel subjected to different heat treatments, the surface roughness values of the materials decreased at increasing cutting speeds [10]. Tekaslan et al., determined the surface roughness values related to machining on the piece after machining AISI 304 austenitic stainless steel material with different cutting parameters and aimed to find optimum cutting parameters. Cutting speed (50, 75, 100, 125, and 150 m/min), feed rate (0.15, 0.20 and 0.25 mm/rev), and depth of cut (1.5 and 2 mm) were used as cutting parameters. The effects of cutting parameters on surface quality were investigated [11].

In the study, the cutting parameters (cutting speed, feed rate, depth of cut) were optimized by using Taguchi L9 orthogonal array in order to investigate the effect of cutting parameters on Ra and Fc in turning process of AISI 304 cylindrical material. The effects of control factors (cutting speed, feed rate and depth of cut) selected for Ra and Fc by using Taguchi L9 orthogonal array were compared with verification test results and the correlation between the dependent and independent variables was modeled according to analysis of variance and signal-to-noise ratios.

Material and Method

Three cutting speeds (180 m/min, 230 m/min and 280 m/min), three feed rates (0.05 mm/rev, 0.15 mm/ rev and 0.25 mm/rev) and three depths of cut (0.1 mm, 0.2 mm and 0.3 mm) were determined as machining parameters for machining of

AISI 304 cylindrical material on CNC lathe. The experimental study was carried out to investigate the effect of machining parameters on surface roughness (Ra) and actual cutting force (Fc). Turning tests were performed on Accuway JT-150 Brand CNC lathe with a maximum speed of 4500 rpm. In machining tests, AISI 304 material with dimensions of Ø60x220 mm was used. Table 1 shows the chemical composition of the material used in the experimental study.

Table 1. Chemical and mechanical properties of AISI 304 test material

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Mo	Cu
0.078	1.974	1,005	19,290	9,953	0,064	0,02	0.068	0.22

In the study, DNEG 150604 FG type inserts in TAEGUTEG quality were preferred. The cutting tool catalog was used in order to determine the cutting parameters of the tools. Prior the experiment, cuttings were performed first in the catalog values and the preliminary evaluation opportunity was found about cutting parameters. No coolant was used in the study. Fig. 1 shows the flowchart of the experimental study.

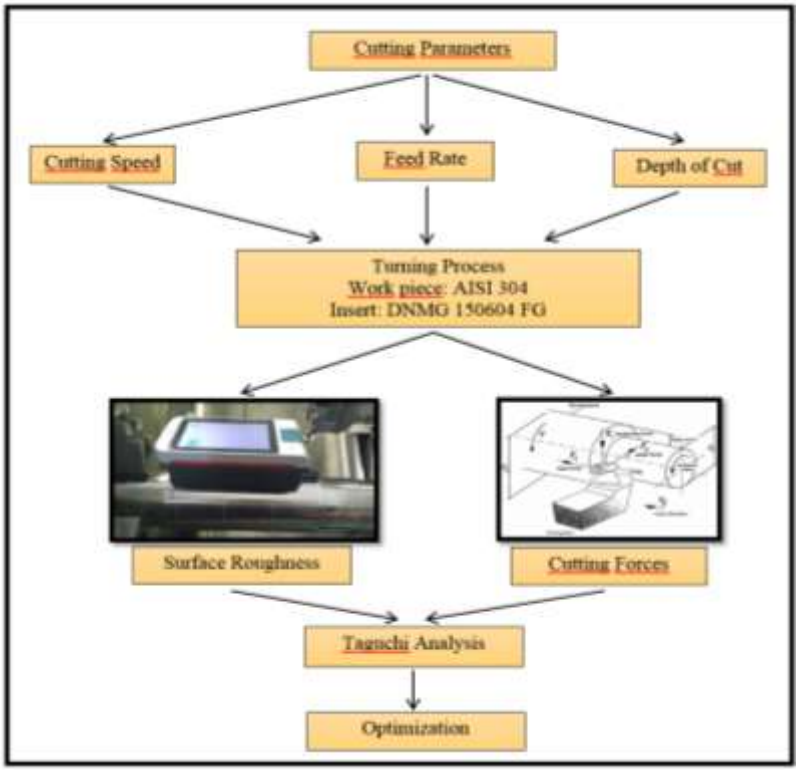


Fig. 1. The flowchart for optimization of cutting parameters

The Taguchi method is an effective analysis method used to optimize the machining parameters that affect the production process. The experimental design made by using this method allows to reduce the number of experiments and minimize the time losses. In order to measure the performance characteristic

of the control factor levels versus these factors, objective function values are converted into signal-to-noise ratio (S/N). In the study, the experimental design was made with Taguchi method and surface roughness (Ra) and cutting forces (Fc) were taken as a basis for quality characteristics. The control factors were determined as cutting speed (V), feed rate (f) and cutting depth (a). Taquchi L9 orthogonal array was used for experimental design. Table 2 shows control factors and corresponding levels.

Table 2. Control factors for design of experimentation

Control parameters	**1. Level**	**2. Level**	**3. Level**
Cutting speed, V	180	230	280
Feed rate, f	0,05	0,15	0,25
Depth of cut, a	0,1	0,2	0,3

The measurement of Ra value was made by using Mahr MarSurf PS1 brand and model surface roughness test device in accordance with ISO 4287 standard. In the measurement of Fc forming during the processing of AISI 304 material, a Kistler 5070-A type piezoelectric-based dynamometer was used. After the measurements, Ra and Fc values were obtained by taking arithmetic mean of the values. In order to determine the optimum levels of the control factors, the case with the lowest Fc and Ra values should be determined. For this purpose, “smaller is better” objective function given in Eq. 1 was used in the calculation of S/N ratio.

$$S/N = -10 \cdot \log\left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} Y_i^2\right) \tag{1}$$

In order to determine the effect of control factors on Ra and Fc, the effect of control parameters on Ra and Fc was analyzed by determining S/N ratios of the test results through Taguchi method.

Results and Analysis

In Taguchi L9 orthogonal array experimental design, Ra and Fc experimental results obtained as a result of turing of AISI 304 cylindrical material and S/N ratios obtained with “smaller is better” objective function are presented in Table 3.

Table 3. L9 orthogonal array, experimental results and their S/N ratios for Ra and Fc

Trial Number	Main Machining Parameters			Measured Surface Roughness (Ra) and Cutting Force (Fc)		S/N Ratio	
	V	f	a	Ra (µm)	Fc (N)	Ra (dB)	Fc (dB)
1	180	0.05	0.1	0.42	15.95	7.5208	-24.9036
2	180	0.15	0.2	1.74	39.95	-4.8071	-29.7280
3	180	0.25	0.3	4.49	110.88	-13.0393	-42.3507
4	230	0.05	0.2	0.28	14.57	**11.0248**	**-24.7228**
5	230	0.15	0.3	1.80	80.62	-5.1283	-38.9787

6	230	0.25	0.1	4.35	37.92	-12.7775	-29.2742
7	280	0.05	0.3	0.48	75.19	6.3565	-35.2200
8	280	0.15	0.1	1.66	19.26	-4.4040	-27.1487
9	280	0.25	0.2	4.29	29.82	-12.6423	-30.3399

S/N response table is used to analyze the effect of each control factor on Ra. Table 4 shows S/N response table obtained as a result of the analysis. It shows the optimum levels of control factors for optimum surface roughness values generated using the Taguchi technique. The best level for control factors was found in accordance with the highest S/N ratio in all levels of that control factor. Accordingly, levels and S/N ratios of the factors giving the best Ra value were determined as factor V (Level 2, S/N=-2.294), factor f (Level 1, S/N=8,301), and factor a (Level 2, S/N=-2.142). Optimum Ra value was obtained with a cutting speed of 230 m/min (V2), 0.05 mm/rev feed rate (f1) and 0.2 mm depth of cut (a2) (Fig. 2). When Table 4 is examined, the most effective control factors on Ra were determined as f, a, and V, respectively based on order of importance.

Table 4. Response Table for Signal-to-Noise Ratios (Smaller is better) for Ra

Factors	Level 1	Level 2	Level 3	Delta(δ)	Rank
V (m/min)	-3.442	**-2.294**	-3.563	1.270	3
f (mm/rev)	**8.301**	-4.780	-12.820	21.120	1
a (mm)	-3.220	**-2.142**	-3.937	1.795	2

Table 5. Response Table for Signal-to-Noise Ratios (Smaller is better) for Fc

Factors	Level 1	Level 2	Level 3	Delta(δ)	Rank
V (m/min)	-32.33	-30.99	**-30.90**	1.42	3
f (mm/rev)	**-28.28**	-31.95	-33.99	5.71	2
a (mm)	**-27.11**	-28.26	-38.85	11.74	1

Analysis of the control factors on Fc was conducted with S/N response table (Table 5). When the table was examined, it was determined that the most effective factors on Fc were a, f, and V respectively. The optimum levels of the control factors given in Table 5 were determined from Fig. 3 with Taguchi analysis. The level with high S/N value is the optimum levels among all factor levels. Accordingly, the values of V (Level 3, S/N=-30.90), f (Level 1, S/N=-28.28) and a (Level 1, S/N=-27.11) were determined to be optimum (V3-f1-a1) on Fc.

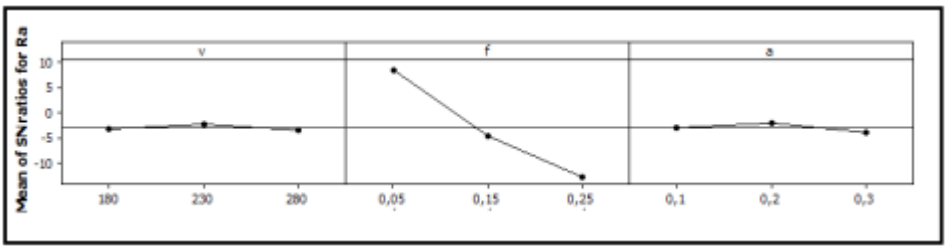


Fig. 2. Main effect plots for S/N ratio for Ra

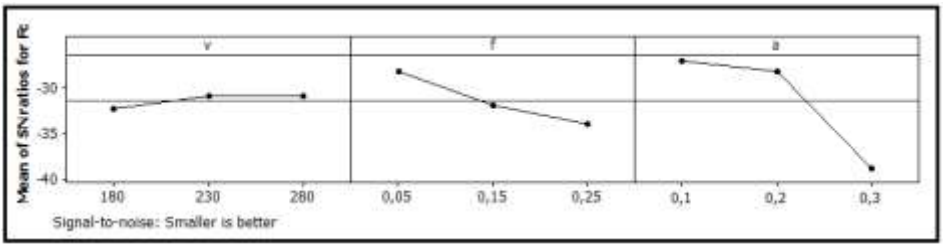


Fig. 3. Main effect plots for S/N ratio for Fc

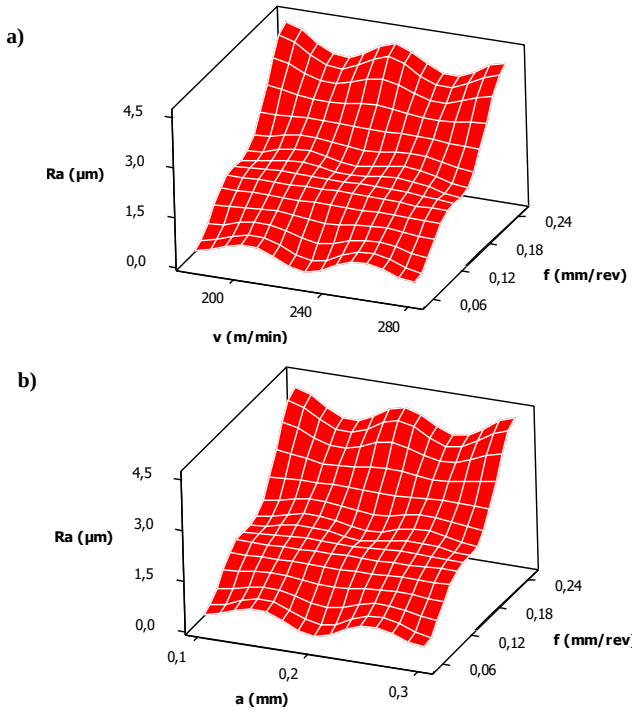


Fig. 4. The effect of cutting parameters on Ra a) v-f, b) a-f

When the effects of cutting parameters (V, f, and a) on Ra were examined, it was seen that Ra value increased as the feed rate increased (Fig. 4). It proved that there was a direct correlation between the feed rate and Ra. When the literature is examined, it is parallel with the theoretical formula $(Ra=0.321f^2/R)$ indicating that the surface roughness value increases proportionally with the square of the value f. It is known that the temperature in the cutting zone increases with increasing feed rate and the generated heat is condensed at the tool-chip and tool work piece interface due to the low thermal conductivity of stainless steel. In this context, an increase in Ra values is an expected result, since the permanent stresses on the machined surface will increase with increasing feed rate [12,13]. On the other hand, no linear and significant change was observed in Ra values due to an increase or decrease in cutting speed and depth of cut (Fig. 4a and Fig. 4b). Taguchi S/N ratios and ANOVA results confirm this situation.

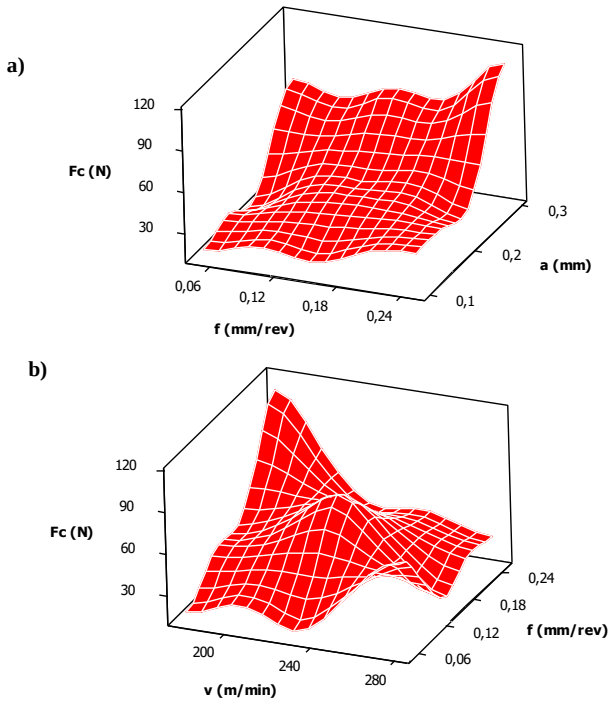


Fig. 5. The effect of cutting parameters on Fc a) f-a, b)v-f

Fig. 5 shows the effects of control factors on Fc. When Fig. 5a was examined, Fc showed a tendency to increase as a result of the increased feed rate and depth of cut. In this case, more power is needed for machining since the chip cross-sectional area (As=axf) will increase with the increase of feed rate [15-18]. Hence, the increased chip cross-section with the increase feed rate is the main reason for the increase in the main cutting force. In addition, Table 5 and Fig. 3 show that cutting speed did not significantly affect the cutting forces.

Table 6 shows the results of ANOVA conducted to determine the effect levels of control factors on Ra and Fc. Here, percentage effect ratios and F values showing the significance level of each variable are seen. This analysis was performed at 95% confidence and 5% significance level. The effect of the control factors is identified by comparing the F values. The factor with the highest F value is considered as the most influential factor on the result. When the tables were examined, it was observed that the control factor with the highest F value had the highest contribution. When Table 6 was examined, it was determined that V, a and V and f parameters were not effective on Ra and Fc in terms of $p<0.05$ significance value but the parameters f and a were effective for Ra and Fc, respectively.

Table 6. Analysis of Variance for Ra and Fc

Analysis of Variance for Ra							
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	%Cont.
V	2	0.0101	0.0101	0.0051	2.84	0.260	0.04
f	2	24.6256	24.6256	12.3128	6910.73	0.000	99.79
a	2	0.0386	0.0386	0.0193	10.84	0.084	0.16
Residual Error	2	0.0036	0.0036	0.0018			0.01
Total	8	24.6779					100
Analysis of Variance for Fc							
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	%Cont.
V	2	335.3	335.3	167.66	2.70	0.270	3.64
f	2	887.2	887.2	443.58	7.15	0.123	9.62
a	2	7871.3	7871.3	3935.65	63.44	0.016	85.39
Residual Error	2	124.1	124.1	62.04			1.35
Total	8	9217.9					100

According to ANOVA results, of primary importance parameter affecting Ra was seen to be the feed rate with the rate of 99.79%. Depth of cut and feed rate were observed to be effective on Ra at very low levels with the rates of 0.16% and 0.04%, respectively. When the most effective parameters on Fc were examined, they were found to be depth of cut by 85.39%, feed rate by 9.62% and cutting speed with 3.64%. According to the analysis results, the most effective control factors on Ra and Fc were the feed rate and depth of cut, respectively. The S/N response table in Table 4 and Table 5 and the main effect plots in Fig. 2 and Fig. 3 were verified with the results of ANOVA analysis.

Verification tests were performed to determine whether the optimization made using Taguchi method is successful or not. While the factors giving the optimum results and their levels are sometimes involved in the current test, they are sometimes in any combination other than the experiment. While the values giving the optimum Ra were obtained with V2-f1-a2 in experimental design, they were obtained in V3-f1-a1 combination other than the experimental design in the study. In addition to the existing tests, validation tests were repeated 3 times and their arithmetic means were taken. Table 7 shows validation test and estimated test result. When the validation test results were examined, Taguchi optimization was observed to be applied successfully.

Table 7. Comparison of the prediction and experimental results

Parameters	Parameters levels	Values of Ra (µm)		Parameters	Parameters levels	Values of Fc (N)	
V2	230	Prediction	Experimental	V3	280	Prediction	Experimental
f1	0.05	0.30	0.28	f1	0.05	13.99	14.53
a1	0.2			a1	0.1		

Conclusion

The effects of V, f and a on Ra and Fc in turning of AISI 304 material were investigated. The following results were obtained as a result of the experiments conducted according to Taguchi L9 orthogonal array,

- According to the analysis of variance of S/N ratios, the optimum Ra value was obtained at 230 m/min cutting speed (V2), 0.05 mm/rev feed rate (f1) and 0.2 mm depth of cut (a2) (V2-f1-a2). The test parameters giving the optimum Fc were determined as 280 m/min cutting speed (V3), 0.05 mm/dev feed rate (f1) and 0.1 mm depth of cut (a1) (V3-f1-a1).
- While the most effective parameter on Ra was the f, it was the f on Fc.
- In cutting tests, Ra values were determined to increase with the increase of f. It was determined that there was a direct correlation between the f and Ra.
- Fc increased since the chip cross-sectional area is related to f and a.
- As a result of ANOVA analysis, it was found that f, a and V provided the contributions of 99.79%, 0.16% and 0.04% on Ra, respectively. A, f and V were effective on Fc with the rates of 85.39%, 9.62% and 3.64%.
- As a result of validation tests, the estimated results and experimental results were compared, and then it was determined that Ra and Fc had high convergence values (93.33% and 96.28%, respectively).

References

1. Gökkaya, H, Nalbant, M., Şeker, U, "Talaş Kaldırma Sırasında Açığa Çıkan Isının Kesme Bölgesinde Oluşturduğu Sıcaklıkların Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler", ***Politeknik Dergisi***, cilt:7, sayı:4, sayfa: 297-305 (2004).
2. Şeker, U., "Kesici Takım Tasarımı Ders Notları", ***Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi***, Ankara, 5-11 (1997).
3. Çakır, M. C., Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, ISBN: 975-564-098-3, Vipaş A. Ş., 2000, Bursa.
4. Kara, F., Aslantaş, K., Çiçek, A., ''Ortogonal kesme işleminde kaplama malzemesinin talaş morfolojisi üzerinde etkisinin araştırılması'', ***2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi,*** Balıkesir, 1-2 (2010).
5. Aydın, M., Uçar, M., Cengiz, A., ''AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliğin Kuru Tornalanabilmesine Kesme Parametrelerinin Etkisi'', ***2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi,*** Balıkesir, 85-94 (2010).
6. Odabas, C., (2004).Paslanmaz Çelikler, Kaynak Tekniği Sanayi ve Ticaret A.S., İstanbul.
7. Çiftçi, İ., "Östenitik paslanmaz çeliklerin islenmesinde kesici takım kaplamasının ve kesme hızının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi", ***Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi,*** 20: 205-209 (2005).

8. Abdullah, M. F., Sulong, A. B., Chua, I. H., Che Haron, C. H., Ghani, J. A.; "Effect of insert nose radius and machining parameters on the surface roughness of stainless steel 316L", ***Key Engineering Materials***, (2010).
9. Korkut, İ, Kasap, M., Çiftçi, İ., Şeker, İ.; "Determination of optimum cutting parameters during machining of AISI 304 austenitic stainless steel", ***Materials and Design,*** 25 (2003).
10. Özçatalbas, Y., (2000), "Isıl İşlemlerin Cr-Mo Esaslı Bir Çeliğin İslenebilirliğine Etkisi", ***10. Uluslararası Metalürji ve Malzeme Kongresi Bildiriler Kitabı***, İstanbul, 759-765.
11. Tekaslan, Ö., Gerger, N., Şeker, U., ''AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliklerde Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüklerinin Araştırılması'', ***BAÜ FBE Dergisi***, vol 10, No 2, 2008
12. Korkut, I., Boy, M., Karacan, I., Seker, U., ''Investigation of Chip-back temperature during machining depending on cutting parameters'', **Materials and Design**, 28, 2329–2335, 2007.
13. Günay, M., ''Optimization with Taguchi Method of Cutting Parameters and Tool Nose Radius in Machining of AISI 316L Steel'', ***Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University***, Vol 28, No 3, 437-444, 2013
14. Özel, T., Karpat, Y. (2005). ''Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks''. ***International Journal of Machine Tools and Manufacture***, *45*(4-5), 467-479.
15. Çiftçi, İ., Gökçe, H., ''Optimisation of cutting tool and cutting parameters in machining of molybdenum alloys through the Taguchi Method''. ***Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University***, 34.1 (2019) 201-213
16. Karayel, B., Nalbant, M., ''Effects of Feedrate, Cutting Speed and Cutting Tools on Average Surface Roughness, Tool Life and Wear in Turning of AISI 4140 Material'', ***Electronic Journal of Machine Technologies***, Vol: 11, No: 3, 2014 (11-26)
17. Baday Ş., Başak H., Güral A.," Investigating of Over-Tempering Medium Carbon Steel In Terms Of Cutting Force and Surface Roughness" ***Electronic Journal of Machine Technologies***, 2014, (11) 1-9
18. A.R. Motorcu, ''Surface Roughness Evaluation when Machining Carbon Steel with Ceramic Cutting Tools''. ***Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Uludağ University***, 14 (2009) 139–145.

Mg-3Al-xZn ALAŞIMLARININ YAPAY VÜCUT SIVISI İÇERİSİNDE MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE KOROZYON DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Erkan KOÇ*

**Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük, Türkiye*
E-mail : ekoc@karabuk.edu.tr

Mehmet ÜNAL
Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Karabük, Türkiye
E-mail : munal@karabuk.edu.tr

Ercan CANDAN
MCM Savunma Sanayi Makine İmalat Tic.Ltd.Şti, Ankara, Türkiye
E-mail : Onbir@mail.com

Özet: Bu çalışmada, %3 Al ve xZn (x= ağ. % 0,5-3.0) içeren Magnezyum alaşımlarının yapay vücut sıvısı (SBF) ortamında korozyona bağlı mekanik davranışları incelenmiştir. Mekanik test sonuçları; mikroyapı ve çekme deneyleri ile, korozyon davranışları; daldırma deneyi (1 ve 7 gün) ve elektrokimyasal ölçümler ile değerlendirilmiştir. Korozyon testleri 37°C'de ve pH=7,40 ortamında gerçekleştirilmiştir. Korozyon ilerlemesi Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) kullanılarak numunelerin kesit görüntülerinden değerlendirilmiştir. Potansiyodinamik polarizasyon testleri sonucuna göre artan Zn miktarı ile korozyon direncinin arttığı gözlenmiştir. Daldırma testi sonrası mekanik özelliklerin azaldığı, özellikle 7 günlük testlerde çok daha belirginleşmiştir. AZ33 alaşımı 7 günlük daldırma sonrası çekme dayanımının hepsini kaybettiği ve malzeme çekme testine girmeden koptuğu ve yapıda oluşan intermetaliklerin korozyonu hızlandırdığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum, magnezyum, çinko, korozyon, yapay vücut sıvısı, intermetalik

AN INVESTIGATION ON MECHANICAL PROPERTIES AND CORROSION BEHAVIOR OF Mg-3Al-xZn ALLOYS IN SIMULATED BODY FLUID

Abstract: In this study, corrosion dependant mechanical behaviours of Mg alloys, containing 3 wt.% Al and xZn (x=0.5 - 3,0 wt.%), in simulated body fluid (SBF) were investigated. Mechanical behaviours were evaluated by taking into account of microstructure and tensile tests while corrosion behaviours were evaluated by immersion tests (1 and 7 days) and electrochemical measurements.

Corrosion tests were carried out at 37ºC and pH=7.40 environment. Investigation of corrosion progress through the cross section of the matrix was analysed by using scanning electron microscopy (SEM). As a result of potentiodynamic polarization tests, it was observed that the corrosion resistance increased with the increase of Zn ratio. Mechanical properties decreased after the immersion test, After the immersion test, the mechanical properties decreased, especially in 7 days immersion tests. It has been observed that AZ33 alloy lost all of its tensile strength after 7 days immersion, due to the intermetallics formed in the structure accelerated the corrosion.

Keywords: Aluminium, magnesium, zinc, corrosion, simulated body fluid, intermetallic

1.GİRİŞ

Düşük yoğunluk, yüksek özgül et ve sertlik, iyi dökülebilirlik, işlenebilirlik, sıcak şekillendirilebilirlik ve mükemmel titreşim sönümleme kapasitesi sayesinde magnezyum (Mg) alaşımlarının özellikle otomotiv ve havacılık endüstrisinde son yıllarda yapısal bir metal olarak kullanımında önemli bir artış gözlenmiştir [1-4]. Bununla birlikte, elektrokimyasal olarak aktif olması nedeniyle korozyon direnci zayıf olan Mg alaşımları, özellikle havacılık ve otomotiv alanlarında kullanımlarını sınırlamaktadır [5,6]. Magnezyum'un korozyon özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla, yeni alaşımların tasarımı ve geliştirilmesi, ısıl işlem ve kaplamalar üzerine önemli çalışmalar yapılmıştır [7-10]

Mg alaşımlarının kullanım alanlarından biri de hem kemik özelliklerine yakın olması hem de biyolojik olarak çözünebilir özelliğinden dolayı kullanıldığı biyomalzeme alanıdır [11,12]. Kemik cerrahisinde yıllardır çözünebilir implantlar kullanılmasına karşın, çözünebilir metal implantların kullanılabilirliği biyomalzeme biliminin yeni araştırma konuları arasında yer almaktadır. Geleneksel biyo metalik malzemelere kıyasla magnezyumun, kortikal kemiğe daha yakın mekanik özelliklere sahip olması ve çok düşük toksik özelliği sayesindeki iyi biyo-uyumluluğu nedeniyle, magnezyum alaşımlarının, özellikle genç hastalar için gelecekte çözünebilir, hafif ve yük taşıma kabiliyeti olan ortopedi ve travma cerrahisi uygulamalarında kullanılabileceği öngörülmektedir [11]. Çözünebilir özellikte olan metalik biyomalzemelerin, gelecekteki ortopedik implant uygulamalarında vida ve plaka yapımında potansiyel implant malzemeler olarak kullanılması öngörülmektedir. Bu amaçla kemik/implant etkileşimleri incelendiğinde, magnezyum alaşımlarının çözünebilir implantlar için yeni adaylar arasında yer aldığı görülmektedir [13]. İmplant uygulamaları için in vitro

ve in vivo koşullar altında, magnezyum-alüminyum-çinko (AZ serisi), magnezyum-kalsiyum ve nadir toprak gibi çok çeşitli magnezyum alaşımları üzerine çalışmalar yapılmıştır [14-17].

Daha önceki çalışmamızda [18], magnezyuma %3 alüminyum ve %0,5-1-2-3 oranlarında çinko ilaveleriyle elde edilen alaşımların mikroyapı, sertlik ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada ise aynı alaşımların [18] hem elektrokimyasal korozyon testleri hem de yapay vücut sıvısı içerisinde belirli sürelerde (1 gün ve 7 gün) bekletilmesi ve sonrasında korozyona bağlı olarak mekanik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Alaşımların Üretimi

Magnezyum alaşımlarının üretimi için %99,9 saflıkta Mg, Al, Zn ve Al-%10Mn master ilavesi ile atmosfer kontrollü elektrikli direnç ocağı kullanılarak Tablo 1'de analizi verilen dökümler gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Alaşımların kimyasal kompozisyonları.

Alaşım	Kimyasal Bileşim (ağ.%)				
	Al	Zn	Mn	Diğer	Mg
Mg3Al0.5Zn (AZ305)	3.04	0.52	0.17	0.10	Kalan
Mg3Al1Zn (AZ31)	3.03	1.03	0.15	0.12	
Mg3Al2Zn (AZ32)	3.05	2.04	0.17	0.11	
Mg3Al3Zn (AZ33)	3.04	3.03	0.19	0.10	

2.2. Elektrokimyasal Korozyon Testi

Elektokimyasal korozyon deneyleri için 17 mm çapında 8 mm genişliğinde numuneler kullanılmıştır. Numunelerin yüzeyleri sırası ile 400-2500 mesh arası standart zımparalar ile saf su kullanılarak zımparalama ve 1µm alümina solüsyon kullanılarak polisaj keçesinde parlatma işlemine tabi tutulmuştur. Parlatılan numune, yüzeyinden alümina izlerini kaldırmak için aseton ortamında 5 dakika süre ile ultrasonik olarak bekletilmiş ve ardından alkol ile durulanarak kurutulmuştur. Numunenin parlatılması ve ardından test hücresi içerisine konulması arasındaki zaman mümkün olduğu kadar kısa (<1dk.) tutulmaya çalışılmıştır.

Korozyon deneylerinde, çalışma elektrodu olarak 0,785 cm^2 sabit yüzey alanına sahip numune, karşıt elektrot olarak grafit çubuk, referans elektrot olarak ise gümüş/gümüş klorür (Ag/AgCl)' den oluşan standart üç elektrot sistemi kullanılmıştır. Karbon elektrot ile çalışma elektrot yüzeyleri karşılıklı gelecek şekilde belirli uzaklıkta, referans elektrot ise çalışma elektroduna olabildiğince yakın yerleştirilmiştir. Deneyler yapay vücut sıvısı (SBF) ortamında (sıcaklık, 37°C±0,2'de pH, ~ 7,40) yapılmıştır. SBF'nin hazırlanmasında olduğu gibi yine elektrolit sıcaklığını vücut sıcaklığı olan, 37°C'de kontrol altında tutabilmek için 800 ml'lik beher, sıcaklık kontrollü bir ısıtıcı üzerine yerleştirilmiştir. Korozyon deneyleri bilgisayar kontrollü DC105 Korozyon Analiz yazılımına sahip VersaSTAT-3 model potansiyostat/galvanostat cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

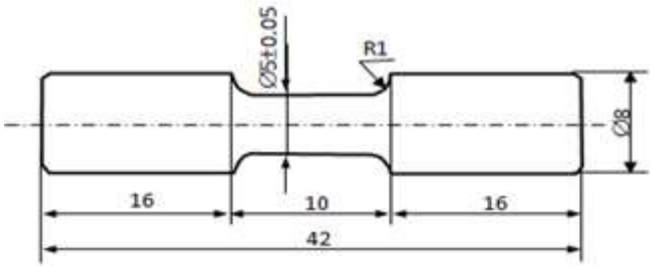
Deneyler sırasında elektrolit içine referans ve çalışma elektrotlarının daldırılmasından itibaren ikisi arasındaki korozyon potansiyellerinin mV olarak değişimi ilk 120 dakika süreyle, zamana karşı ölçülmüştür. Potansiyodinamik polarizasyon eğrilerinin çizilmesi denge potansiyeline (E_{corr}) ulaşıldıktan sonra 0,5 mV/sn tarama aralığında katodikten anodik yöne doğru potansiyeli taranarak yapılmıştır. Tüm deneyler, her bir alaşım grubu için en az ikişer kez olmak üzere polarizasyon eğrileri birbirlerini doğrulayıncaya kadar tekrar edilerek sonuçların daha güvenilir olmasına çalışılmıştır. DC korozyon yazılımı yardımıyla Tafel eğrilerinden ekstrapolasyon yöntemiyle korozyon potansiyeli (E_{corr}), korozyon akım yoğunluğu (i_{corr}) ve korozyon hızı (CR) hesaplanmıştır [19].

Korozyon hızı $CR = 22{,}85 \times i_{corr}$ (1)

Burada CR, korozyon hızını (mm/yıl), i_{corr}, korozyon akım yoğunluğunu ($\mu A/cm^2$) belirtmektedir.

2.3. Daldırma Deneyi Öncesi Çekme Testi

Mekanik deneyler için Şekil 1'de [20] kesit şekli ve fotoğrafı verilen çekme deney numuneleri elde edilmiştir. Numuneler sırasıyla saf su, aseton ve etanol ile 5'er dakika ultrasonik olarak temizlenmiş ve kurutulmuştur. Üretilen alaşımların çekme deneyleri SHIMADZU marka AG-IS model 50kN'luk çekme cihazında yapılmış olup, her bir numunenin çekme, akma dayanımları ve yüzde uzama değerlerinin hesaplanması için 3'er adet numune kullanılmıştır. Çekme testleri esnasında çene hızı 0,25 mm/dk olarak ayarlanmıştır.



Şekil 1. Çekme deney numunesi kesit şekli.

2.3. Daldırma Deneyi Sonrası Mikroyapı, Metal Kaybı ve Mekanik Deneyler

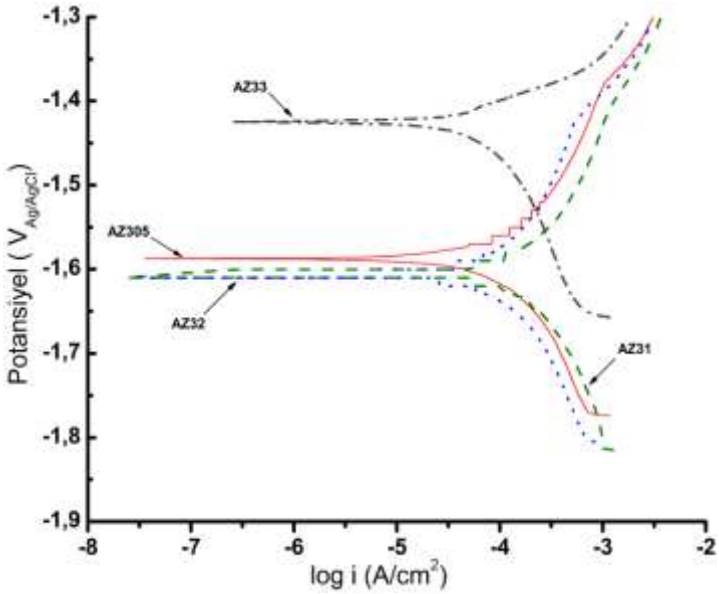
Şekil 1'de ölçüleri verilmiş çekme deney numunelerine sadece orta kısmından 6 mm korozyona maruz kalacak şekilde teflon bant ile yalıtım işlemi yapılmıştır. Sonuçları doğrulamak amacıyla her bir alaşım için 3'er adet numune deneye tabi tutulmuştur. Yalıtma işlemi tamamlanan numuneler, daha önceden hazırlanmış 1500 ml yapay vücut sıvısı (SBF) içeren beherler içerisine daldırılıp alüminyum folyo ile ısı geçirgenliği engellenmiş ve WTW marka TS-606 model Incubator adı verilen ve vücut sıvısı sıcaklığını (37°C) koruyan cihaz içerisinde sırasıyla 1 gün ve 7 gün sürelerde bekletilmiştir. Beherler içerisindeki numunelerin çözünme durumlarına göre zamanla oluşacak reaksiyonlar nedeniyle periyodik aralıklarla pH değeri kontrol edilerek SBF yenilenmesi yapılmıştır.

Daldırma deneyinden sonra numunelerdeki korozyon ürünleri, ultrasonik temizleyici kullanılarak önce saf su ile 5 dk, ardından etanol ile 5 dk ve son olarak da 180 g/L kromik asit [21] çözeltisinde 15 dk süre ile temizleme işlemine tabi tutulmuştur. 1 günlük ve 7 günlük daldırma deneyleri sonrası çekme deneyine tabi tutulmuş alaşımlardaki kesitten korozyon ilerlemesi görüntüleri PHILIPS marka XL 30 model, enerji dağınımlı element analizi (EDS) aparatına sahip taramalı elektron mikroskobunda (SEM) gerçekleştirilmiştir. Çekme test numunelerinin daldırma deneyi öncesinde ölçülen ağırlığı deney sonrası ölçülen ağırlığından çıkarılıp yüzey alanlarına oranlanarak numunedeki metal kayıpları belirlenmiştir. Numunelerin metal kayıpları, her bir deney grubu için 0,1 mg hassasiyete sahip elektronik terazide ölçülmüştür. Deney sonuçları, numunelerin birim yüzey alanı başına düşen ağırlık kaybına göre mg/cm^2 cinsinden değerlendirilmiştir.

3.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Elektrokimyasal Korozyon Testi

Potansiyodinamik polarizasyon testleri sonrası Tafel eğrileri Şekil 2'de ve bu eğrilerden elde edilen korozyon potansiyeli (E_{corr}), korozyon akım yoğunluğu (i_{corr}) ve korozyon hızı (CR) değerleri ise Tablo 2'de verilmiştir. Zn miktarının artmasıyla i_{corr} değerinin azaldığı, AZ305 alaşımının i_{corr} değeri 78 µA/cm^2 iken AZ33 alaşımında 46 µA/cm^2 değerine düşmüş, diğer bir ifade ile korozyon direncinin %41 oranında arttığı gözlenmiştir.



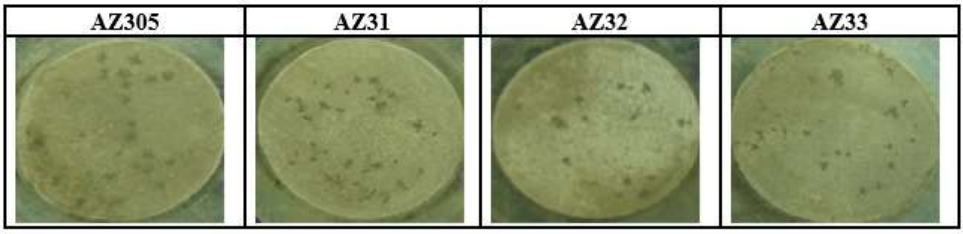
Şekil 2. Potansiyodinamik polarizasyon testinden elde edilen Tafel eğrileri.

Çizelge 2. Potansiyodinamik polarizasyon eğrilerinden elde edilen E_{corr}, i_{corr} ve CR değerleri.

Alaşım	AZ305	AZ31	AZ32	AZ33
E_{corr}, (V)	-1,59	-1,60	-1,61	-1,43
i_{corr}, (µA/cm^2)	78	75	70	46
CR (mm/yıl)	1,78	1,71	1,60	1,05

Potansiyodinamik polarizasyon testleri sonrası elde edilen makro resimler Şekil 3'de görülmektedir. Makro resimler incelendiğinde; Zn miktarlarının artmasıyla

yüzeyde oluşan çukurların (pitlerin) azaldığı gözlenmiştir. Bu durum Tablo 2'deki i_{corr} ve CR değerleriyle de uyumluluk göstermektedir.

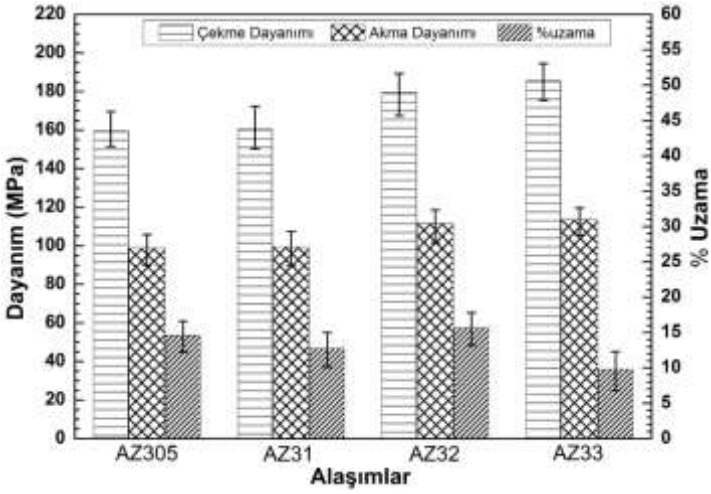


Şekil 3. Potansiyodinamik polarizasyon testleri sonrası elde edilen makro resimler.

3.2. Mekanik Testler

3.2.1. Daldırma Deneyi Öncesi Mekanik Testler

Deneylerde kullanılan alaşımların döküm halleri için elde edilen mekanik özelliklerinin (çekme, akma dayanımları ve %uzama değerleri) değişimleri Şekil 4'de görülmektedir. Zn içeriğindeki artış ile çekme ve akma dayanımı gibi mekanik özellikler artmıştır. AZ33 alaşımının çekme ve akma dayanım değerleri sırasıyla AZ305 alaşımından % 16 ve % 15 daha yüksek iken, AZ33'ün uzaması AZ305'den % 33 daha düşük olduğu gözlenmiştir. Çekme ve akma dayanımın artmasının nedeni daha önceki çalışmamızda belirtildiği gibi [18] mikroyapıda intermetaliklerin artmasına ve tane sınırlarında β fazı ağının kolayca görülebilir olmasına dayandırılabilir.

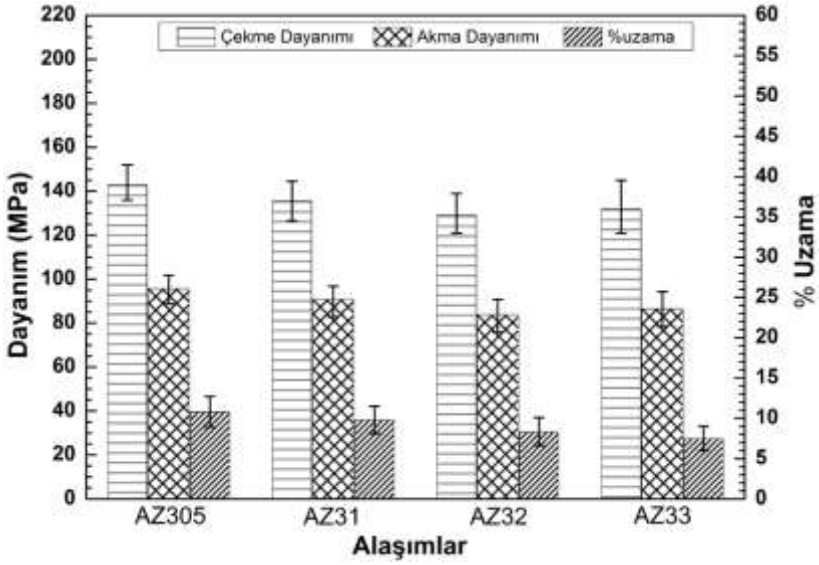


Şekil 4. Korozyon testi öncesi alaşımlara ait çekme-akma-uzama diyagramı.

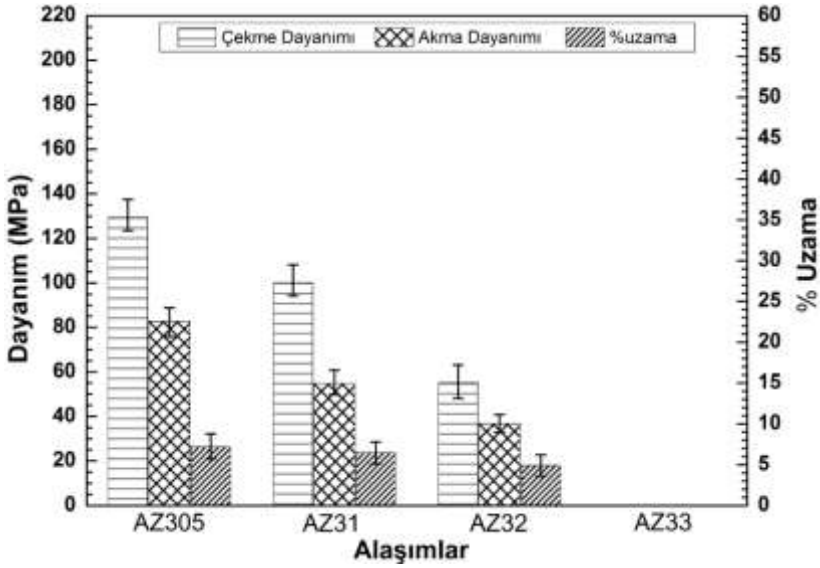
3.2.2. Daldırma Deneyi Sonrası Korozyona Bağlı Mekanik Özellikler

Deneylerde kullanılan alaşımların 1 gün ve 1 hafta korozif ortama daldırıldıktan sonra elde edilen mekanik özelliklerinin (çekme, akma dayanımları ve %uzama değerleri) değişimleri sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6'da görülmektedir.

Daldırma testi sonrası mekanik özellikler incelendiğinde; 1 günlük daldırma testi sonrası, AZ305, AZ31, AZ32 ve AZ33 alaşımlarının çekme dayanımları, döküm hallerinin çekme dayanımlarına göre sırasıyla %10.45, %15.5, %28.1 ve %28.9 oranlarında azalmıştır. 1 haftalık daldırma testi sonrası ise AZ305, AZ31 ve AZ32 çekme dayanımlarına göre sırasıyla %18.85, %37.5 ve %69.3 oranlarında azalırken AZ33 alaşımı ise çekme dayanımının hepsini kaybetmiştir ve malzeme çekme testine girmeden kopmuştur.

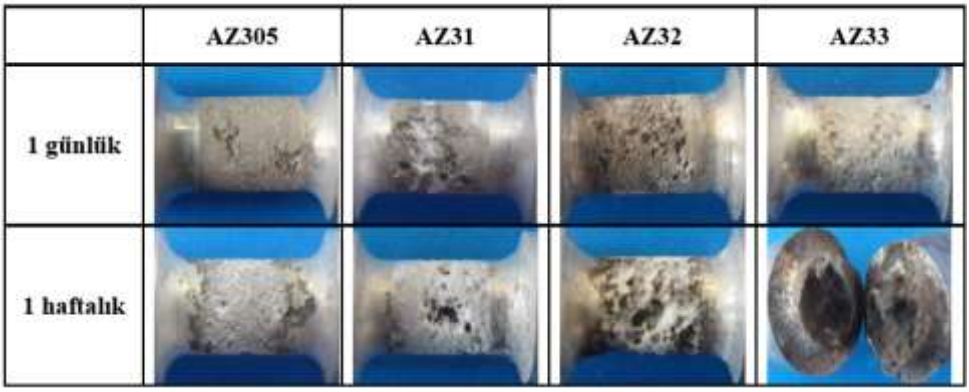


Şekil 5. 1 günlük daldırma deneyi sonrası alaşımlara ait çekme-akma-uzama diyagramı.

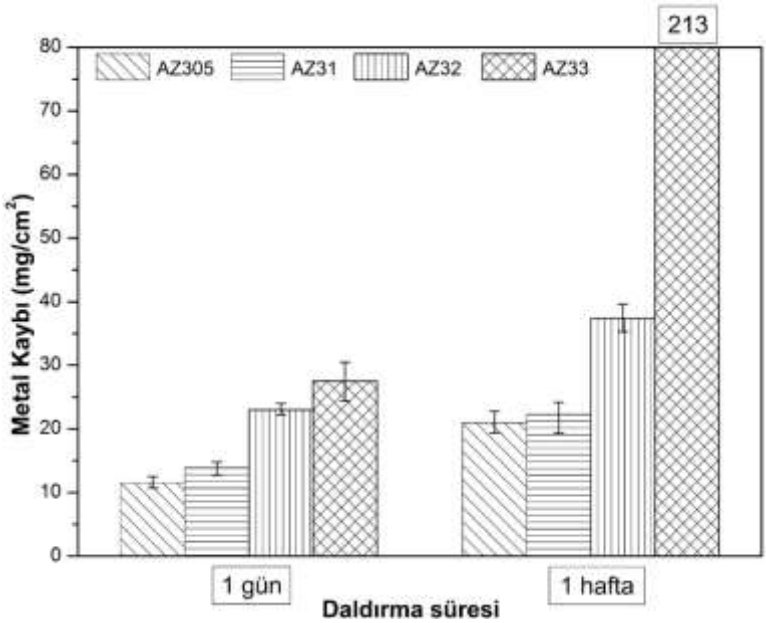


Şekil 6. 7 günlük daldırma deneyi sonrası alaşımlara ait çekme-akma-uzama diyagramı.

Hem Şekil 7'deki makro resimler hem de Şekil 8'de verilen metal kaybı grafiklerinde de bu durum açıkça görülmektedir. Bu durum daha önceki çalışmamızın [18] mikroyapı bölümünde açıklandığı üzere, AZ33 alaşımında bulunan β intermetalikleri boyunca korozyonun çok daha içerilere ilerlemesinin ispatıdır. Diğer yandan akma dayanımları ve % uzamalar da çekme dayanımları ile paralellik göstermektedir.



Şekil 7. Daldırma deneyleri sonucu makro resimler.



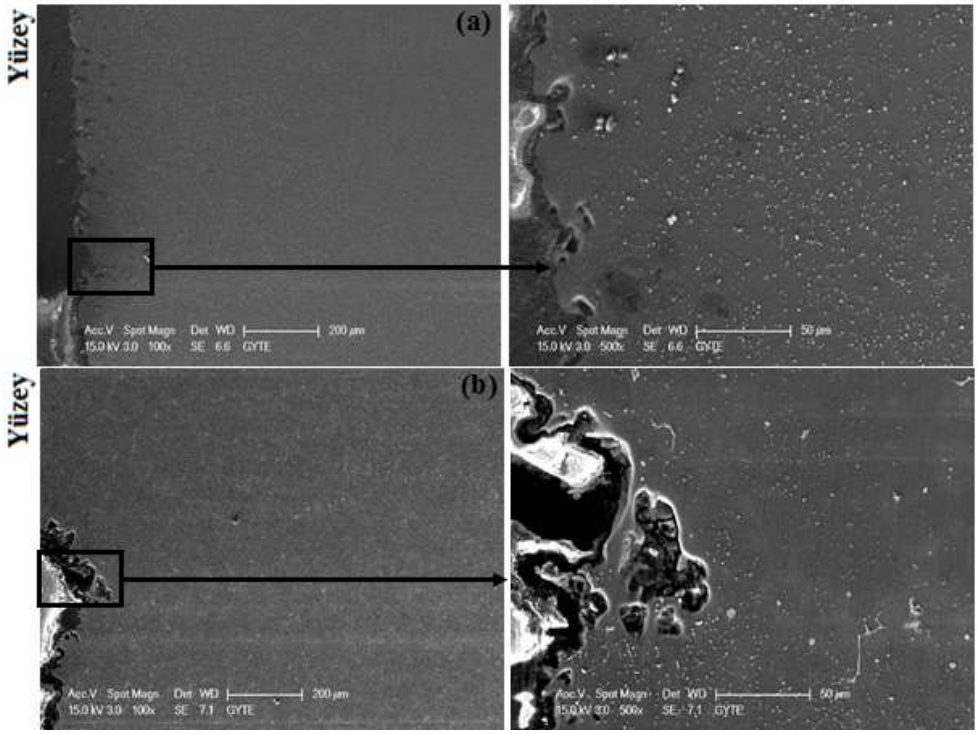
Şekil 8. Daldırma deneyleri sonrası metal kaybı grafiği.

3.2.3. Daldırma Deneyi Sonrası Kesitten Korozyon İlerlemesinin İncelenmesi

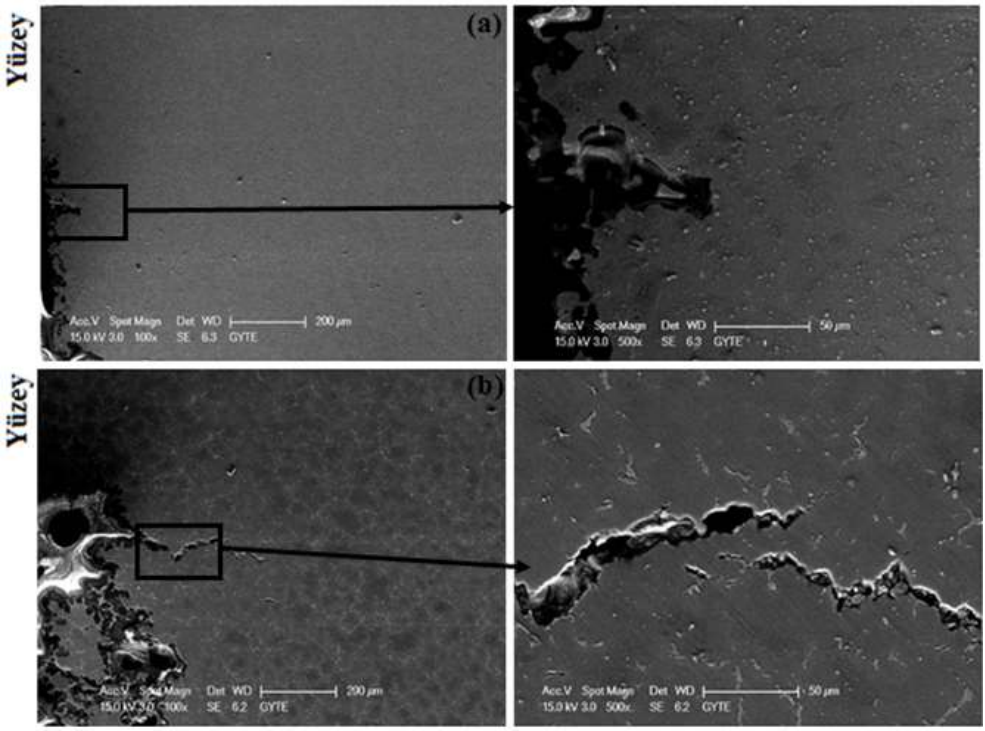
Şekil 9 ve Şekil 10'da, korozyona uğrayan alaşımların sırasıyla 1 günlük ve 7 günlük daldırma testi sonuçlarının kesitten küçük ve büyük büyütmelerdeki SEM görüntüleri verilmiştir.

SEM görüntülerinden de anlaşılacağı üzere korozyonun yüzeyden iç kısımlara doğru ilerlediği görülmektedir. Zn miktarının artışıyla bu ilerleme daha da hızlanmaktadır. Diğer taraftan Şekil 10'da gösterildiği gibi özellikle %3 Al ve %3 Zn içeren AZ33 alaşımının kesitindeki 7 günlük korozyonun intermetalik fazlar boyunca çok daha iç kısımlara doğru ilerlediği görülmektedir. Bu sonuçlar polarizasyon eğrilerindeki sonuçlarla tamamen ters düşüyor gibi görülmektedir. Örneğin, polarizasyon ölçümlerine göre en düşük i_{corr} değeri 46 $\mu A/cm^2$ ile AZ33 alaşımı iken, Şekil 10'da görüldüğü gibi korozyonun çok daha iç kısımlara ilerlediği açıktır. Bunun nedeni, polarizasyon deneyleri 1,5-2 saat gibi bir sürede ölçülürken daldırma testleri 24 saat ve üzeri zamanda ölçülmektedir. Bu durum şöyle açıklanabilir; kısa sürede yapılan polarizasyon testlerinde numune yüzeyinde oluşan oksit filmi, solüsyon içerisindeki kararlılığını koruyabilirken, uzun sürelerde yapılan daldırma testlerinde ise kararlılık bozularak kapiler etki ile intermetalik fazlar boyunca yapı içerisine ilerleyebilmesidir. Bu durum Şekil

9 (b)'de çok açık görülmektedir ve daha önceki çalışmamızda [18] mikroyapı bölümünde gösterildiği üzere β intermetalik fazları yapı içerisinde ağ şeklinde bulunmaktadır.



Şekil 9. 1 günlük daldırma testi sonucu kesitten SEM görüntüleri (a) AZ305 ve (b) AZ33.



Şekil 10. 1 haftalık daldırma testi sonucu kesitten SEM görüntüleri (a) AZ305 ve (b) AZ33.

4. GENEL SONUÇLAR

- Potansiyodinamik polarizasyon testleri sonrası elde edilen makro resimler incelendiğinde; Zn miktarlarının artmasıyla yüzeyde oluşan çukurların (pitlerin) azaldığı gözlenmiştir. Bu durum tafel eğrilerinden elde edilen i_{corr} ve CR değerleriyle de uyumluluk göstermektedir.

- Daldırma testi öncesi mekanik özellikler incelendiğinde, Zn içeriğindeki artış ile çekme ve akma dayanımı gibi mekanik özellikler arttığı gözlenmiştir.

- Daldırma deneyi sonrası alaşımların mekanik dayanımlarında, orijinal numuneler ile kıyaslandığında düşüş gözlenirken, 7 günlük testlerde ise bu düşüşün çok daha belirginleştiği tespit edilmiştir. AZ33 alaşımı 7 günlük daldırma sonrası çekme dayanımının hepsini kaybettiği ve malzeme çekme testine girmeden koptuğu gözlenmiştir. Bu durum; yüzeyde meydana gelen korozyon ilerlemesinin kapiler etki ile yapıda bulunan β intermetalikleri boyunca daha iç kısımlara ilerlemesinden kaynaklanabilir.

KAYNAKLAR

[1] Friedrich H, Schumann S (2001). Research For a New Age of Magnesium in the Automotive Industry, *J. Maters. Process Tech.*, 117(3), 276-281.

[2] Kainer K.U (2003). Magnesium Alloys and Technology, *Wiley-VCH*, Verlag GmbH & Co. KGaA.

[3] Gaines L, Cuenca R, Stodolsky F, Wu, S (1996). Potential Automotive Uses of Wrought Magnesium Alloys, *Automotive Technology Development*, Detroit, Michigan, 1-7.

[4] Westengen H, Aune T.K (2006). Magnesium Casting Alloys, Magnesium Technology, *Springer*, 145-204.

[5] Song G.L, Atrens A, St.john D, Nairn J, Li Y (1997). The Electrochemical Corrosion of Pure Magnesium in 1 N NaCl, *Corros. Sci.*, 39, 855-875.

[6] ASM Handbook (1992). Corrosion, *ASM International*, 13, 49-67.

[7] Xian-bin L, Da-yong S, Ying-wei S, En-hou H (2010). Effects of Heat Treatment on Corrosion Behaviors of Mg-3Zn Magnesium Alloy, *T. Nonferr. Metal. Soc.*, 20, 1345-1350.

[8] Peng L.M, Chang J.W, Guo X.W, Atrens A, Ding W.J, Peng Y.H (2009). Influence of Heat Treatment Microstructure on the Corrosion of Magnesium Alloy Mg-10Gd-3Y-0.4Zr, *J. Appl. Electrochem*., 39, 913-920.

[9] Hussein R, Zhang P, Northwood D, Nie X (2011). Improving the Corrosion Resistance of Magnesium Alloy AJ62 by a Plasma Electrolytic Oxidation PEO Coating, Process, *Corros. Mater*., 36(3), 38-49.

[10] Koç E (2013). An Investigation on Corrosion Dependent Mechanical Behaviours of Biodegradable Magnesium Alloys Ph.D. Thesis. Karabuk University, Karabuk, Turkey, 70-114.

[11] Witte F, Kaese V, Haferkamp H, Switzer E, Meyer-Lindenberg A, Wirth C.J, Windhagen H (2005). In Vivo Corrosion of Four Magnesium Alloys and the Associated Bone Response, *Biomaterials*, 26, 3557-3563.

[12] Staiger, M.P, Pietak A.M, Huadmai J, Dias G (2006). Magnesium and Its Alloys as Orthopedic Biomaterials: A review, *Biomaterials*, 27, 1728-1734.

[13] Duygulu Ö, Kaya R.A, Oktay G, Berk C, Kaya A.A (2006). Magnezyum Alaşımları İmplant Olarak Kullanılabilir Mi? - In Vivo Çalışma Bulguları", *13. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi*, TÜYAP Fuar ve Kongre Merkezi, İstanbul.

[14] Muller W.D, Nascimento M.L, Zeddies M, Córsico M, Gassa L.M, Lorenzo M.A (2007). Magnesium and Its Alloys as Degradable Biomaterials: Corrosion Studies Using Potentiodynamic and EIS Electrochemical Techniques, *Mater. Res*., 10, 5-10.

[15] Song Y, Shan D, Chen, R, Zhang, F, Han, E.H (2009). Biodegradable Behaviors of AZ31 Magnesium Alloy in Simulated Body Fluid", *Mater. Sci. Eng. C*., 29(3), 1039-1045.

[16] Sun Y, Zhang B.P, Wang Y, Geng L, Jiao X.H (2012). Preparation and Characterization of a New Biomedical Mg-Zn-Ca alloy, *Mater. Design*, 34, 58-64.

[17] Koç E, Kannan M.B, Ünal M, Candan, E (2015). Influence of Zinc on The Microstructure, Mechanical Properties and In Vitro Corrosion Behavior of Magnesium-Zinc Binary Alloys, *J. Alloy Compd*., 648, 291-296.

[18] Koç E, Ünal M, Candan, E (2016). Effect of Zinc Additions on The Microstructure and Mechanical Properties of Mg-3Al Alloy, Conference Proceedings, Dubai UAE 18 (12) Part XXII, 3143-3145, 26-27 December.

[19] Shi Z, Liu M, Atrens A (2010). Measurement of The Corrosion Rate of Magnesium Alloys Using Tafel Extrapolation, *Corros. Sci*., 52, 579-588.

[20] Yokoyama T (2003). Impact tensile stres-strain characteristics of wrought magnesium alloys", *Strain*, 39, 167-175.

[21] Hort N, Huang Y, Fechner D, Störmer M, Blawert C, Witte F, Vogt C, Drücker H, Willumeit R, Kainer, K.U, Feyerabend F (2010). Magnesium Alloys as Implant Materials-Principles of Property Design for Mg-Re Alloys, *Acta Biomater*., 6, 1714-1725.

FARKLI ÖZ MALZEMELERİ İLE OLUŞTURULMUŞ SANDVİÇ KOMPOZİT ÇUBUKLARIN EĞİLME DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Pınar Aydan Demirhan*, Vedat Taşkın**
**Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Edirne,Türkiye*
E-mail: pinard@trakya.edu.tr
***Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Edirne,Türkiye*
E-mail: vedattaskin@trakya.edu.tr

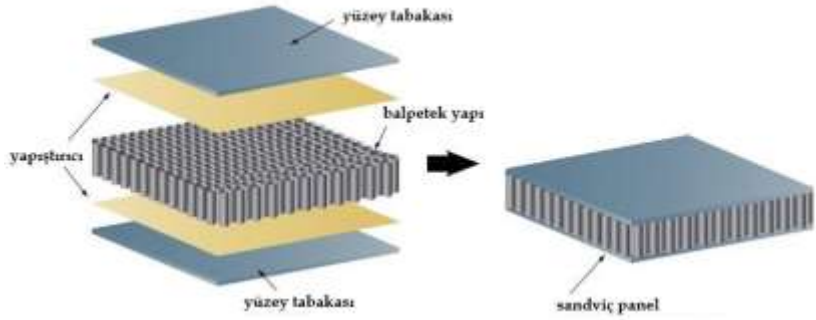
Özet: Sandviç yapılar yüksek dayanıma sahip iki ince yüzey tarafından çevrelenmiş, yüzey tabakalarına dik olan doğrultuda yeterli dayanıma sahip, kalın ve hafif bir öz tabakasından meydana gelen kompozit yapılardır. Sandviç yapılar uzay, havacılık, denizcilik, enerji, spor ve inşaat gibi çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sandviç yapılarda öz malzemesi olarak mantar, balsa ağacı, kauçuk, plastik, metal, kağıt veya plastik bal petek yapı, katı köpük malzemeler kullanılırken, yüzey tabakaları için yüksek dayanıma sahip çelik, alüminyum, ahşap, elyaf takviyeli plastik, beton malzemeler kullanılabilir. Çoğunlukla kiriş ve plak formunda kullanılan bu sandviç yapıların yük altında eğilme davranışlarının bilinmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada farklı öz malzemeleri ile oluşturulmuş sandviç kompozit çubukların eğilme davranışları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sandviç yapı, kompozit, eğilme dayanımı, gerilme, üç noktadan eğme

Giriş

Sandviç yapılar yüksek dayanım ve hafifliği bir arada sunan pek çok alanda geleneksel malzemelerin yerini almaya başlayan malzemelerdir. İki katı tabaka arasına yerleştirilen bir öz malzemeden oluşan sandviç yapılar, darbe sönümleme, ses veya ısı yalıtımı, titreşim sönümleme gibi özel amaçlara göre tasarlanabilirler. Sandviç yapının dış katmanları yapı bütünlüğünü sağlayan katı tabakalardan oluşurken, iç katman genellikle belirlenen özel amaca hizmet etmek için seçilen daha hafif bir malzemeden meydana gelir (Şekil 1). Yüzey tabakaları çelik, alüminyum, ahşap, elyaf takviyeli plastik, beton veya kompozit olabilir. Öz için mantar, balsa ağacı, kauçuk, plastik, metal-kağıt bal petek yapı ya da katı köpük malzemeler kullanılabilir. Sandviç yapı oluşturulurken farklı malzemelerin bir arada kullanılabilmesi, belirli amaçlara yönelik uygulamalar için optimum

tasarımın üretilebilmesini sağlar. Her malzemenin iyi özellikleri kullanılırken negatif özellikleri elimine edilir (Davies 2001).



Şekil 1. Sandviç yapı (www.admatis.com)

Sandviç yapılar uzay-havacılık, denizcilik, enerji, spor, inşaat ve transport endüstrilerinde genel olarak ısı yalıtımı, darbe sönümleme, titreşim sönümleme, ses yalıtımı gibi amaçlar için kullanılmaktadır. Geleneksel malzemelere göre dayanım/ağırlık oranının yüksek olması sandviç yapıların önemli avantajlarından biridir. Örneğin otomobillerde darbe sönümleyici olarak yer alan çarpışma kutuları sandviç yapı olarak tasarlandığında geleneksel içi boş haline kıyasla enerji sönümleme yeteneğinde üstün bir artış sağlanırken ağırlıktaki artış kabul edilebilir miktarda olmaktadır.

Yeni malzemeler geliştirilirken malzeme karakteristiklerinin homojenliğinin sağlanması, malzemenin kimyasal bileşimi, yapı ve özelliklerinde üniformluğun sağlanması malzeme bilimi ve teknolojisi alanında süregelen çalışmalar arasındadır. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar geleneksel homojen malzemelerin bazı çevresel koşullarda çalışmaya uygun olmadığını göstermiştir. Endüstriyel olarak farklı ortamlardaki ihtiyacı karşılamak için kaplanmış veya birleştirilmiş malzemeler gibi homojen olmayan kompozit malzemelerle ilgili çalışmalar hız kazanmıştır (Chen ve Goto, 2003).

Otomotiv, havacılık, uzay ve savunma endüstrilerinde teknolojik gelişmelerin ve rekabetin hızla artmasıyla hafif ve yüksek mukavemetli malzemelerin geliştirilmesi gerekli hale gelmiştir. Bu gereklilik sonucunda, kompozit malzemeler üretilmeye başlanmış ve kullanım alanları giderek yaygınlaşmıştır (Durgun vd. 2014).

Kompozit malzemeler iki veya daha fazla malzemenin kullanışlı başka bir malzeme oluşturmak için makroskopik ölçekte birleştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Malzeme makroskobik olarak incelendiğinde bileşenlerinin çıplak gözle ayırt edilebilir olması gerekmektedir. Metal alaşımları gibi mikroskobik ölçekte birleştirilmiş diğer malzemelerde elde edilen malzeme makroskopik olarak homojen olmaktadır, bileşenler çıplak gözle ayırt edilemez ve daima birlikte hareket ederler. İyi tasarlanmış kompozit malzemelerin avantajı bileşenlerinin en iyi özelliklerini gösterirken, dezavantajlarını elimine

etmeleridir. Kompozit malzeme oluşturularak dayanım, yorulma ömrü, katılık, sıcaklığa bağlı özellikler, korozyon direnci, ısıl iletkenlik, aşınma direnci, ses yalıtımı gibi özellikleri iyileştirmek mümkündür (Jones 1999).

Otomotiv sektöründe de yüksek dayanım ve düşük ağırlık oranlarıyla kompozit malzemeler hızla metal esaslı malzemelerin yerini almıştır. Araçlarda ağırlığın azaltılması ile yakıt tasarrufu, ivmelenme, doğayı daha az kirletme gibi avantajlar kompozit malzeme kullanımı ile elde edilebilmektedir (Durgun vd. 2014).

Kompozit malzeme tasarlanırken bütün özelliklerin aynı anda iyileştirilmesi mümkün olmadığından sadece gerekli özellikler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Temel amaç kompozit malzemenin tasarım gereksinimleri karşılayacak malzeme özelliklerini elde edebilmektir (Jones 1999).

Kompozit malzemeler iki bileşenden oluşmaktadır: takviye olarak kullanılan fiber ve ana malzeme olarak kullanılan matris (Reddy 2004). Kompozit malzemeler takviye tipine göre sürekli takviyeli kompozitler ve süreksiz takviyeli kompozitler olarak ikiye ayrılır. Sürekli takviyeli kompozitlerde takviye yönüne bağlı olarak istenen dayanım özellikleri elde edilebilmektedir. Ancak sürekli takviye kullanımı maliyet artışını da beraberinde getirmektedir. Süreksiz takviyeli kompozitler ise daha düşük maliyetlerle elde edilmekte ve çeşitli işleme yöntemleri ile işlenebilmektedir (Ürkmez 2004).

İstenen özelliklere uygun kompozit malzeme tasarımında, üretim maliyeti en önemli parametrelerden biridir. Üretim maliyetini etkileyen faktörler arasında malzeme seçimi, tasarım, performans ve şekil verme yöntemi sayılabilir. Kompozit malzemeyi oluşturan bileşenlerin uygun şekilde seçimi, üretim maliyetini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Dayanım ve tokluk, düşük ağırlık, yüksek sıcaklıkta kullanılabilirlik, yorulma dayanımı, düşük bakım masrafı, korozyon dayanımı ve tamir kolaylıkları gibi etkenler birlikte düşünülerek; en düşük maliyetle, en kolay üretilebilen bir kompozit üretim planı yapılmalıdır. Kompozit malzemelerin üretiminde, el yatırması, kapalı kalıpta soğuk/sıcak pres, vakum infüzyon, pultrüzyon, püskürtme, filaman sarma, otoklav ve reçine transfer gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Yalçın 2012).

Kompozit malzemelerin üretiminde kullanılan çok çeşitli üretim metotları mevcuttur. Bu üretim metotlarından bazılarının üretim maliyetleri çok yüksek iken bazıları da farklı dezavantajlara sahiptir. Bu yöntemler arasında daha az bir altyapı maliyeti ile kolay uygulanabilen yöntemler de mevcuttur (Durgun vd. 2014).

Vakum infüzyon yöntemi kompozit malzeme üretiminde kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde, üretim için hazırlıkların tamamlanmasının ardından vakumlanmış ortam içerisinde reçinenin ilerlemesi prensibiyle üretimin el değmeden gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu üretim yönteminde reçine sarfiyatı kontrol altında tutulabilmektedir. Aynı şartlar altında üretilen ürün için her seferinde aynı miktar reçine sarfiyatı olmaktadır (Yalçın, 2012).

Vakum infüzyon yönteminin diğer yöntemlere göre çeşitli avantajları vardır. Reçine sarfiyatının düşük olması, kumaş yüzeyinde reçine dağılımının homojenliğinin sağlanabilmesi bu avantajlar arasında sayılabilir.

Vakum infüzyon ile üretilen kompozitlerin yüzey kalitesinin daha iyi olduğu, fazla reçinenin vakum yoluyla dışarı çekilmesi sayesinde kompozit yapı içindeki elyaf/reçine oranının daha yüksek olduğu bilinmektedir [8]. Üretimin vakum naylonu altında gerçekleşmesi sayesinde dış ortam ile olan temas kesilir ve reçinenin kürlenmesi sırasında meydana gelen gaz çıkışı kontrol altına alınmış olur.

Ulusal ve uluslararası literatürde vakum infüzyon yöntemiyle üretilmiş karbon elyaf kompozit yüzey tabakalı sandviç yapıların mekanik özelliklerinin incelendiği çalışma sayısının yeterli düzeyde olmadığı görülmüştür. Literatürde yer alan çalışmaların çoğunlukla cam elyaf takviyeli kompozitlerin dinamik davranışlarının araştırılması üzerine olduğu görülmüştür. Sandviç yapılarla ilgili az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bunlardan biri Bekem ve arkadaşları (2011) tarafından yapılan havacılık sektöründe kullanılan cam elyaf kompozit yüzey tabakalı balpetek sandviç yapıların mekanik özelliklerini inceleyen bir çalışmadır. Çalışmada sandviç yapılara soyma testi, çekme testi ve dört noktadan eğme testi uygulamışlar ve sandviç yapı üretiminde yapıştırıcı seçimi, yüzey hazırlama ve kürleme işlemlerinin yapının hasarında önemli rol oynadığını tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada vakum infüzyonla üretilmiş karbon elyaf epoksi kompozit plakalar ile farklı öz malzemeleri kullanılarak sandviç yapı üretilmesi amaçlanmıştır. Üretilen sandviç yapının eğilme yükü altında davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler sırasında numune yüzeylerine gerinimölçer elemanlar yapıştırılmış ve tasarlanan bir devre ile gerinim değerleri ölçülmüştür.

Materyal Yöntem

Bu çalışmada vakum infüzyon yöntemiyle karbon elyaf-epoksi kompozit yüzey tabakaları ile farklı öz malzemeleri (balsa, balpetek, polistren köpük) kullanılarak sandviç yapılar oluşturulmuştur.

Çalışmada balpetek özlü ve polistren köpük özlü sandviç yapılar vakum infüzyon yöntemiyle üretilen karbon elyaf-epoksi kompozit plakalar ile yapıştırma yoluyla birleştirilerek üretilmiş, balsa özlü sandviç yapı ise öz malzemesi karbon elyaf kumaşlar arasına yerleştirilerek doğrudan vakum infüzyon yoluyla üretilmiştir.

Kullanılan karbon elyaf kumaşların özellikleri Tablo 1’de, epoksi reçine ve sertleştirici özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan karbon elyaf kumaşların özellikleri

Tip	Birim ağırlık	Reçine Tüketimi	Laminat kalınlığı	Laminat ağırlığı
3k twill	245 gr/m^2	281 gr/m^2	0.393 mm	526 gr/m^2

Tablo 2. Kullanılan epoksi reçine özellikleri

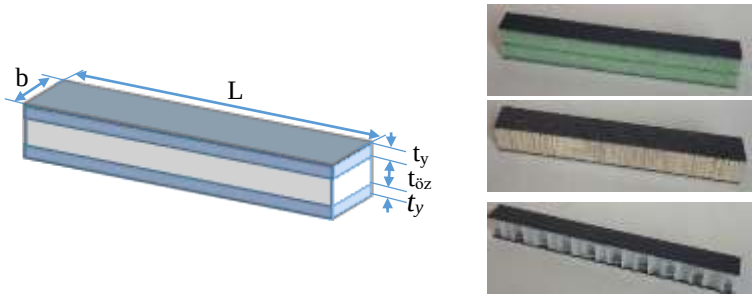
Malzeme	Yoğunluk	Viskozite
Epoksi MGSLR285	1.18-1.23 g/cm^3	600-900 mPas
Sertleştirici MGSLH285	0.94-0.97 g/cm^3	50-100 mPas

Vakum infüzyon yoluyla sandviç üretiminde öncelikle öz malzemesi olarak kullanılan balsa levhalar, karbon elyaf kumaşlar, ayırma kumaşı ve akış filesi istenen ölçülerde kesilmiştir. Kullanılacak karbon elyaf ve öz malzemesine göre hazırlanacak reçine miktarı belirlenmiştir. Epoksi reçine ile sertleştirici 2:1 oranında birleştirilerek 3 dk süreyle karıştırılmıştır. Karbon elyaflar ve öz malzemesi istenen miktar ve sırada tabla üzerine yerleştirilmiştir. Sandviç tabakaları yerleştirildikten sonra sırasıyla ayırma kumaşı, akış filesi ve vakum torbası yerleştirilmiştir. Vakum torbası yerleştirildikten ve macun ile mühürlendikten sonra vakum pompası ile hava çekilerek kontroller yapılmıştır. Kontrollerden sonra pompa çalıştırılarak reçine vakum altında sisteme verilmiştir. Sistem vakum altında 24 saat bekletildikten sonra üretilen parça çıkarılmıştır (Şekil 2).

Şekil 2. Vakum infüzyon yoluyla sandviç üretimi

Polistren köpük öz ve balpetek özlerin karbon elyaf kompozit plakalara yapıştırılmasında Devcon Plastic Welder çift bileşenli yapısal epoksi yapıştırıcı kullanılmıştır. Yapıştırıcı hazırlandıktan sonra 30 sn içinde uygulanmış ve kuruma için 24 saat bekletilmiştir.

Sandviç yapılar plakalar halinde üretilmiş ve eğilme deneyleri için su jeti ile kesilerek numuneler hazırlanmıştır. Şekil 3 ve Tablo 3'de numune boyutları verilmiştir.



Şekil 3. Su jeti ile kesilmiş 3 noktadan eğme numuneleri ve numune boyutları

Tablo 3. Numune boyutları

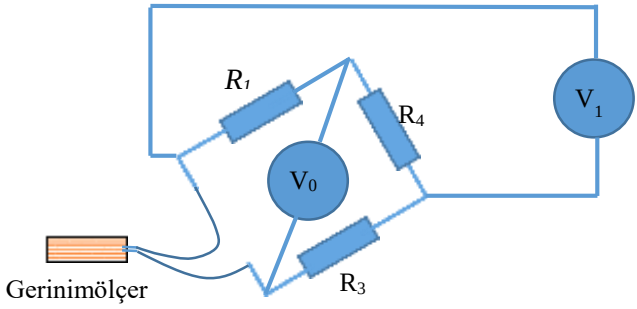
Numune	L	b	t_y	$t_{öz}$	t_{toplam}
Polistren özlü sandviç[i]	135	12,5	0,8	5,3	13
Balsa özlü sandviç[ii]	135	12,5	0,8	11,4	13
Balpetek özlü sandviç[ii]	135	12,5	0,8	11,4	13

[i] 2 adet köpük öz 3 yüzey tabakası arasına yerleştirilmiştir.
[ii] 1 öz 2 yüzey tabakası arasına yerleştirilmiştir.

Eğilme deneyleri sırasında oluşacak gerilmelerin ölçülmesi amacıyla sandviç yapı yüzeylerine gerinim ölçer elemanlar yapıştırılmıştır (Şekil 4).

Şekil 4. Numune yüzeylerine gerinim ölçer elemanların yapıştırılması

Gerinimölçer elemanlar yardımıyla ölçümün yapılabilmesi için bir Wheatstone köprüsüne (Şekil 5) ihtiyaç duyulmaktadır. Wheatstone köprüsü 4 adet dirençten oluşmaktadır. Köprüye bir giriş voltajı verilirken aynı anda deformasyona bağlı oluşan direnç değişimleri ölçülmektedir. Wheatstone köprüsü ile 4 direnç veya 4 gerinim ölçer kullanılarak tam köprü şeklinde ölçüm yapılabildiği gibi, 1 veya 2 adet gerinimölçer kullanılarak çeyrek veya yarım köprü şeklinde ölçümler yapılabilmektedir. Çeyrek ve yarım köprü kullanılması durumunda köprünün tamamlanması için yüksek doğruluk ve hassasiyete sahip dirençler kullanılmaktadır.



Şekil 5. Wheatstone köprüsü

Gerinimölçer elemanlar oluşan gerinimi direnç değişimine çeviren elemanlardır. Uygulanan gerinim ($\varepsilon=\Delta L/L_0$) ile bağıl direnç değişimi arasındaki ilişki Denklem 1'deki gibi tanımlanır.

$$\frac{\Delta R}{R_0} = k\varepsilon \tag{1}$$

k gauge faktörü olarak bilinir ve gerinimölçer elemanlar için deneylerle belirlenir. Wheatstone köprüsü tek başına çok küçük direnç değişimlerinin ölçülmesinde etkin olamamaktadır. Bu nedenle köprüden sonra bir sinyal kuvvetlendirici eleman kullanılması gerekliliği doğmaktadır. Ayrıca devredeki voltaj değişimini ölçmek daha pratik bir yol olarak tercih edilmektedir. Çeyrek köprü için gerinim değeri voltaj değişiminden Denklem 2'deki gibi hesaplanır. Burada V_0 giriş, V_1 çıkış voltajını temsil etmektedir (Hoffman 2012).

$$\varepsilon = \frac{4}{k}\frac{V_1}{V_0} \tag{2}$$

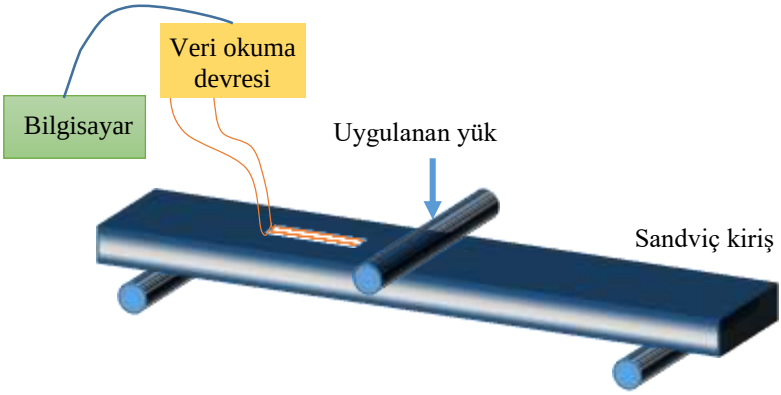
Bu çalışmada kullanılan gerinimölçer elemanların özellikleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Gerinimölçer elemanların teknik özellikleri (www.testart.com.tr)

Özellik	Değer
Ürün Kodu	BF-120-10AA
Ölçüm/Grid Boyutu (Mm)	10x2,5
Taban Boyutu (Mm)	16,7x5,0
Direnç (Ω)	119.8±%0.1
Yaklaşık Gauge Faktörü	2
Gerinim Limiti	%3
Yorulma Ömrü (Çevrim)	106
Çalışma Sıcaklığı (°C)	-20 ~ +80

Sandviç kirişlerin üç noktadan eğme deneyleri sırasında yapının alt veya üst yüzeyine yapıştırılan gerinimölçer elemanlardan veri okunması için Arduino kart kullanılarak bir devre tasarlanmış ve okunan verileri gerilme değerlerine

dönüştürecek bir yazılım geliştirilmiştir. Deney düzeneği Şekil 6'da görülmektedir.

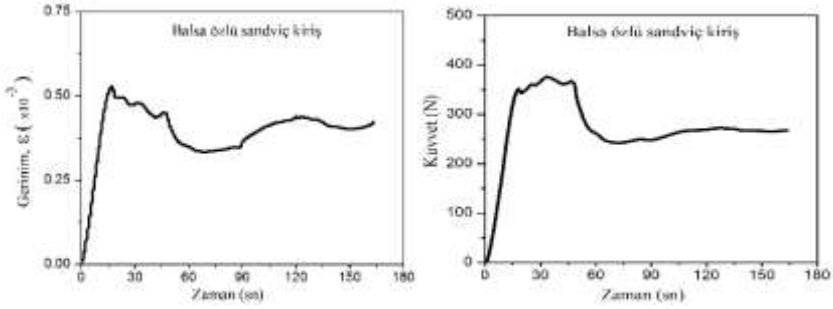


Şekil 6. 3 noktadan eğme deney düzeneği

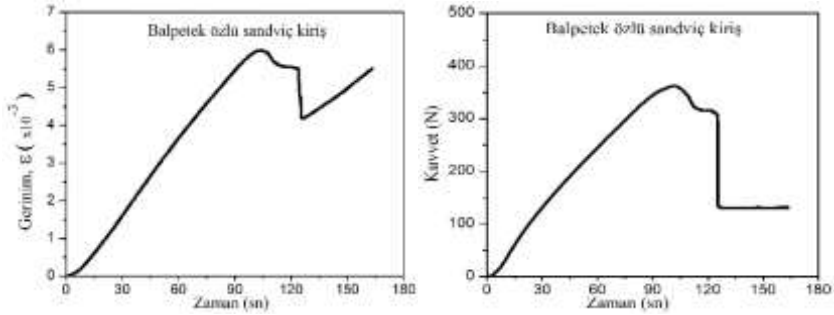
Sandviç kirişlere üç noktadan eğme deneyleri Stable Micro Systems Texture Analysers TA.HDplus cihazında 0.5mm/sn ilerleme hızında yapılmıştır.

Sonuçlar

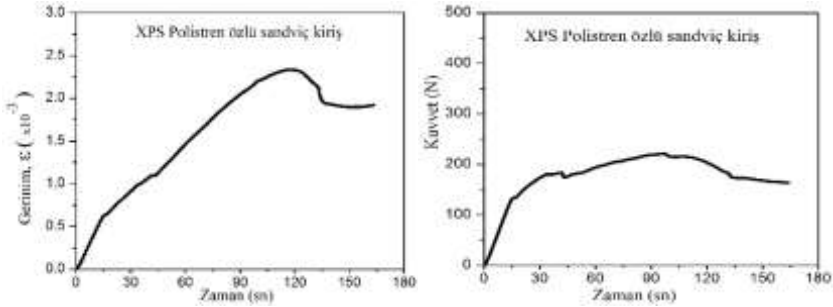
Bu çalışmada farklı öz malzemeleri ile oluşturulmuş sandviç kirişlerin eğilme davranışı incelenmiştir. Şekil 7-9'da sandviç kirişlerin 3 noktadan eğme deneylerinde elde edilen sonuçlar verilmiştir. Deneyler sırasında gerinimölçer elemanlar tarafından numune yüzeylerindeki gerinim değerleri ölçülmüş zamana bağlı olarak grafikte sunulmuştur. Tablo 5'te 3 noktadan eğme deneylerinde sandviç kirişlerin taşıdığı maksimum yük ve bu maksimum yükteki çökme değeri verilmiştir.



Şekil 7. Balsa özlü sandviç kirişin 3 noktadan eğme deney sonuçları



Şekil 8. Balpetek özlü sandviç kirişin 3 noktadan eğme deney sonuçları

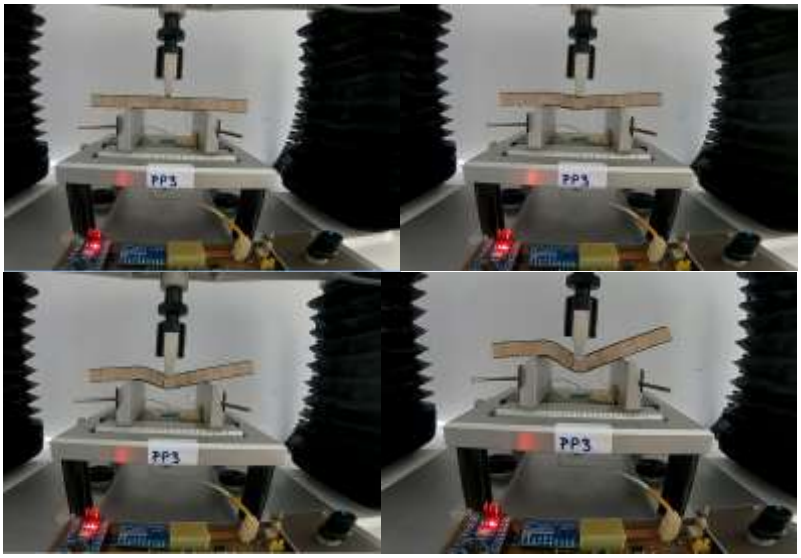


Şekil 9. Polistren özlü sandviç kirişin 3 noktadan eğme deney sonuçları

Tablo 5. 3 noktadan eğme deneylerinde sandviç kirişlerin taşıdığı maksimum yük

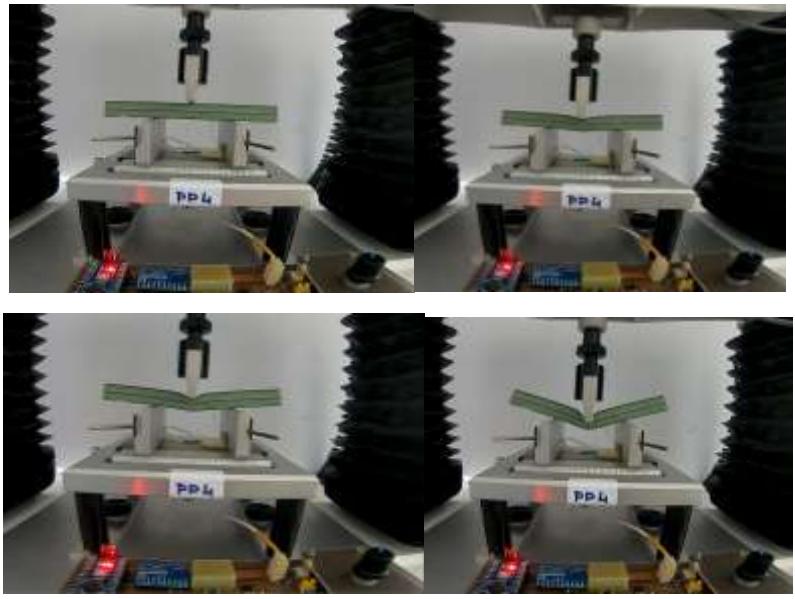
Sandviç kiriş	Maksimum kuvvet (N)	Maksimum kuvvette orta noktadaki çökme (mm)
Balsa özlü	376.12	1.69
Polistren özlü	221.45	4.87
Balpetek özlü	361.86	5.11

Şekil 10'da balsa özlü sandviç kirişin eğilme deneyinde zamanla meydana gelen deformasyonu görülmektedir. Yükün uygulanmasıyla birlikte balsa öz tabakasında düşey yönde ayrılmalar ortaya çıkmaya başlamıştır. Maksimum yüke ulaşıldığında dahi yüzey tabakaları ile özlerin birbirinden ayrılmadığı gözlenmiştir.



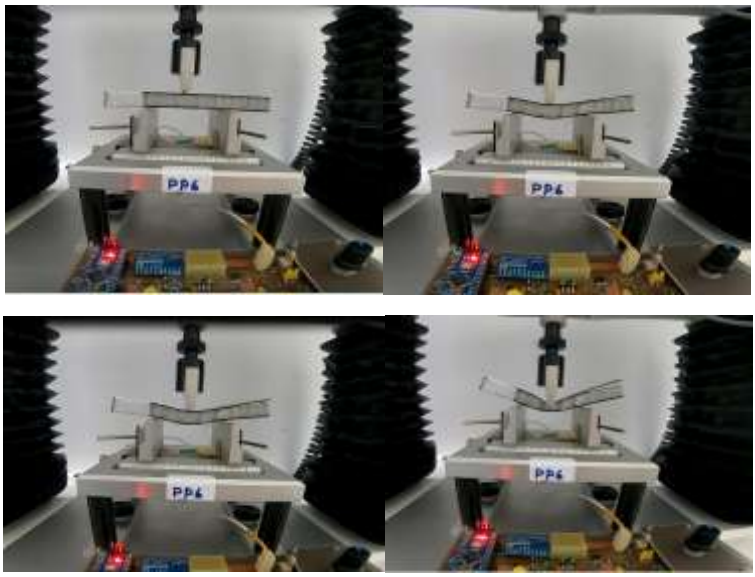
Şekil 10. Balsa özlü sandviç kirişin 3 noktadan eğme deneyi

Şekil 11'de polistren özlü sandviç kirişin eğilme deneyinde zamanla meydana gelen deformasyonu görülmektedir. Yükün uygulanmasıyla üst öz tabakasında ezilme başlamış, bir süre sonra üst yüzey tabakasında da kalıcı deformasyon meydana gelmiştir. Yüzey tabakaları ile özlerin birbirinden ayrılma olmadığı gözlenmiştir. Kuvvetin uygulandığı bölgede karbon elyaf kompozit yüzey tabakalarının ve polistren öz tabakalarının kalıcı deformasyona uğradığı görülmüştür.



Şekil 11. Polistren özlü sandviç kirişin 3 noktadan eğme deneyi

Şekil 12'de balpetek özlü sandviç kirişin eğilme deneyinde zamanla meydana gelen deformasyonu görülmektedir. Yük uygulandıktan kısa süre içinde yüzey tabakaları ile ayrılma başlamış, maksimum yüke ulaşıldığında numune kenarlarında üst yüzey tabakasının öz tabakasından tamamen ayrıldığı görülmüştür.



Şekil 12. Balpetek özlü sandviç kirişin 3 noktadan eğme deneyi

Değerlendirme

Bu çalışmada vakum infüzyon yöntemiyle üretilen karbon elyaf-epoksi kompozit yüzey tabakaları ile farklı öz malzemeleri (balsa, balpetek, polistren köpük) kullanılarak sandviç yapılar oluşturulmuştur. Oluşturulan sandviç kirişlerin eğilme yükü altındaki davranışları deneysel olarak incelenmiştir. 3 noktadan eğme deneyleri sırasında numune yüzeylerine yapıştırılan gerinimölçer elemanlardan gerinim değerlerinin okunması amacıyla Arduino kart kullanılarak bir devre tasarlanmış ve sonuçların görüntülenmesi ve depolanması amacıyla bir yazılım geliştirilmiştir. Tasarlanan devre ve yazılım yoluyla deneyler sırasında yüzeylerdeki gerinim değerlerinin anlık olarak ölçülebildiği ve bu değerler yardımıyla yüzey gerilmelerinin elde edilebileceği görülmüştür.

Farklı öz malzemeleri ile oluşturulmuş sandviç kirişlerin 3 noktadan eğme deneyleri sonucunda, balsa özlü sandviç kirişte en büyük eğilme yükü değerine ulaşıldığı, en küçük maksimum yük değerinin ise polistren özlü sandviç kirişte ortaya çıktığı görülmüştür. Balsa ve polistren özlü kirişlerde yüzey tabakalarında ayrılma gözlenmezken, balpetek özlü kirişte maksimum yüke ulaşılmadan yüzey tabakaları ile özün ayrıldığı görülmüştür. Balpetek özün yapıştırma başarımının daha düşük olduğu anlaşılmıştır.

Kaynaklar

Davies, J.M., 2001, "Lightweight Sandwich Construction", Cib Working Commission
http://www.admatis.com/eng/competencies_material_science_sandwich.html
Lidong Chen, Takashi Goto, Handbook Of Advanced Ceramics, Chapter 16: Functionally Graded Materials, 2003, 445-464
İsmail Durgun, Onur Vatansever, Rukiye Ertan, Nurettin Yavuz, Otomotiv Sektöründe Kullanılan Kompozit Parça İmalat Yöntemlerinin Deneysel Olarak Karşılaştırılması, Mühendis ve Makina, 2014, Cilt: 55, Sayı: 649, Sayfa:58-63
Robert M. Jones, Mechanics of Composite Materials, Taylor and Francis,1999
J. N. Reddy, Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells Theory and Analysis, CRC Press, 2004
Nilhan Ürkmez, AlMg3/SiCp kompozitlerinin üretimi ve mekanik özelliklerdeki değişimlerin incelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2004
Enver Bülent Yalçın, Farklı Kumaş Ve Farklı Yöntemlerle Üretilmiş Ctp Kompozitlerin Balistik Davranışlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012
A. Bekem, H. Ercan, M. Doğu, A. Ünal, Uçak Sanayiinde Kullanılan Balpeteği Kompozitlerin Mekanik Davranışlarının İncelenmesi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey
Karl Hoffman, Applying the Wheatstone Bridge Circuit, HBM, 2012
http://www.testart.com.tr/strain-gauge-strain-bf-120-10aa-10primelu-paket

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: 2017/206

Bu çalışmada gerinimölçer elemanlardan verilerin okunması için Arduino kart kullanılarak devre tasarlanması aşamasında yardımları dolayısıyla Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü öğretim üyesi Prof.Dr. Selim KARA ve Öğr.Gör. Fahrettin DOLAŞTIR'a teşekkür ederiz.

ANNULAR YANMA ODASINDA ANNULUS AKIŞININ YANMA PERFORMANSINA ETKİSİ

Osman Kümük[1], Selim Tangöz[1]*
[1]*Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Sivil Havacılık ABD., Kayseri, Türkiye*
E-mail:stangoz@erciyes.edu.tr
osmankumuk@gmail.com

Özet: Güvenli ve zaman bakımından kısa olmasından dolayı ulaşım sektöründe uçaklar tercih sebebi olmuştur. Uçakların en önemli parçası itme kuvvetini oluşturan güç sistemleridir. Güç sistemleri, yakıtın belirlenmiş oranlarda tepkimeye girmesiyle kimyasal enerjinin itki kuvvetine dönüştüğü parçalardan oluşur. Bu dönüşüm tasarlanmış motor içerisinde yer alan yanma odalarında oluşmaktadır. Uçakların verimliliğini yanma odalarının performansları belirler. Bundan dolayı, yanma odasının performansını belirleyen etkenler, yanma stabilizesi, yanma verimi, yanma odasının çıkış sıcaklığı, basınç kayıpları ve emisyon analizleri çok önemlidir. Bu çalışmada, modern gaz türbinli motorlarda kullanılan model bir annular yanma odasında yakıt olarak kerozin kullanılarak kimyasal bir tepkime gerçekleşmiş ve sayısal olarak ikincil akışın yanma odasının performansına etkisi incelenmiştir. Yanma odası annular tip olmasından dolayı simetrik geometri kullanılmıştır. Bu çözümlemelerde ikincil akış oranları %50, %60,%70,%80 ve %90 olarak belirlenerek yanma odasının performansı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Annular, yanma odası modeli, annulus akış

Giriş

Ulaşım aracı olarak kullanılan uçaklar, güvenli ve hızlı olmalarından dolayı son zamanlarda çok fazla tercih edilmektedirler. Ulaşım aracı olarak kullanılan bir uçağın en önemli kısmı motorlardır. Motorlar yakıt içerisinde depo edilen kimyasal enerjinin itki kuvvetine dönüştürüldüğü elemanlardır. Bu dönüşüm motorlar içerisinde yer alan yanma odalarında yakıt ile havanın tepkimesi ile başlamaktadır. Yanma odalarının performansı uçakların güvenirliliğini ve ekonomik olmasını doğrudan etkiler. Bu sebepten, yanma odalarının performans analizi çok önemlidir. Yapmış olduğumuz bu çalışmada gaz türbinli motorlarda kullanılan model bir annular yanma odasındayakıt olarak kerozin kullanılarak annülüs (ikincil) akışın yanma odasının performansı üzerine etkisinin araştırılmıştır. Yanma odasındaki annülüs akış yanmanın geliştirilmesi, yanma odasının soğutulması ve türbin elemanlarının ömürlerini korumak için yanmanın seyreltilmesi işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu sebeplerden yanma odasının performansı üzerinde yanmaya katılan birincil akış kadar öneme sahiptir. Bu çalışmada ikincil akış oranının (toplam akışın yüzdesi olarak) yanma verimi, yanma odası çıkış sıcaklık dağılımı ve basınç kayıpları üzerine etkisi araştırılmıştır.

Lee ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada halka şeklindeki bir modelde yanma ve soğutmanın sıcaklık ve basınca katkısını araştırmak için tabaka şeklinde soğutma tasarlanmıştır. Wakeman ve ark. (2007) oluklu halka şeklinde sayıca fazla, çok küçük deliklerden oluşan, yan yana ve birbirlerine yakın yerleştirilmiş keskin yanma hacmine doğru yön verilen açılı tasarımın soğutma aracı olarak bir gaz türbini motor yanma tertibatı modellenmiştir. Amal A. H. ve ark. (2016) güç istasyonlarında kullanılabilen boru tipi yanma odalarında duvar cidarından ısı transferi ve halka şeklinde oluşan soğuk film akışını hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) kullanarak ve deneysel olarak incelemişlerdir. Lee J. H. ve ark. (2010) yeni bir bir mikro-yanıcı ile entegre mikro-reform konfigürasyonunu deneysel ve sayısal olarak incelenmiştir. Gupta A. K. ve ark. (2008) çeşitli swirl geometrileri kullanarak yanma geometrisinin yanma ve NOx emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Rahim A. ve ark. (2013) yaptıkları sayısal çalışmada, sabit bir yük boşluğuna sahip üç farklı halka şeklindeki akışa geometrili yanma odası modelleyerek analiz yapmışlardır.

MATERYAL ve METOT

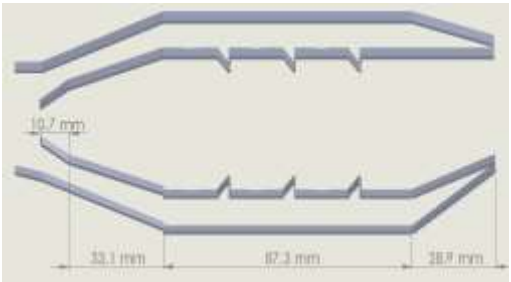
Bu çalışmada, sayısal analizler kerozin ($C_{12}H_{23}$) yakıtı kullanılarak yapılmıştır. Kerozin, gaz türbinli motorlarda kullanılan ve kod adı jet-A1 olan yakıt çeşididir. Kerozin kimyasal reaksiyon sonucu % 99 su buharı, nitrojen, ve karbondioksit çıkarmaktadır. Bu gazlar havanın doğasında da bulunmaktadır. Araştırmalara göre hava kirliliğine etkisi azımsanacak kadar %1-2 oranındadır. Kerozin yakıtına ait bazı teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kerozin yakıtına ait teknik özellikler

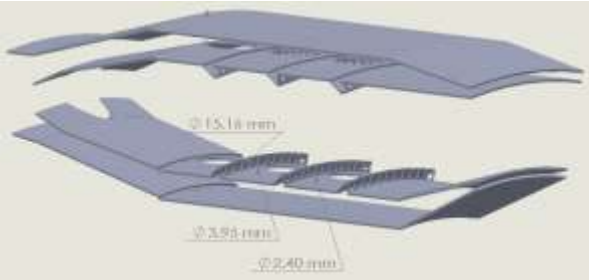
Özellikler	**Kerozin**
Molekül Ağırlığı	167.3
Yoğunluk (buhar)(kg/m^3)	4.5
Buharlaşma Sıcaklığı (K)	310
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı (K)	483
Alev Sıcaklığı (K)	2475
Minimum Tutuşma Enerjisi (MJ)	7.2
Maksimum Laminer Alev Hızı (cm/sn)	30-40
Hava İçerisindeki Difüzyon (cm^2/sn)	0.05
Sabit Basınçta Özgül Isısı (kJ/kgK)	2.57
Alt Isıl Değeri (kJ/kg)	43100

Yanma odasının modellenmesi orijinal boyutlarına göre belirli bir ölçüde küçültülmüş şekilde tasarlanmıştır. Yanma odası katı modelleme yapmak için kullanılan Solidworks 3D CAD ile modellenmiş olup, akış alanlarını ve Solidworks katı modellemeden kaynaklanan ufak hataların giderilmesi Autocad 2016 ile modelleme tasarımı desteklenmiştir. Model annular yanma odası tek olarak ele alınıp tasarımı yapıldıktan sonra tam dairesel olacak şekilde çoğaltılıp sonuçlar değerlendirilmiştir.

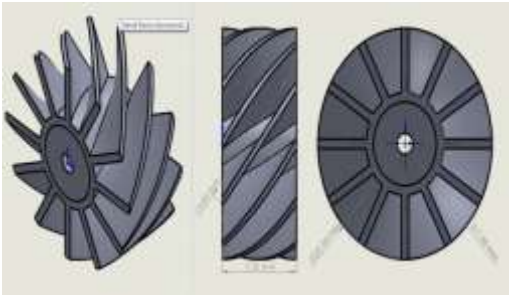
Şekil 1'de geometri için (a) yanma odasının uzunluk ölçüleri (b) izometrik açıdan açıklık ölçüleri (c) swirl ölçüleri verilmiştir.



(a)



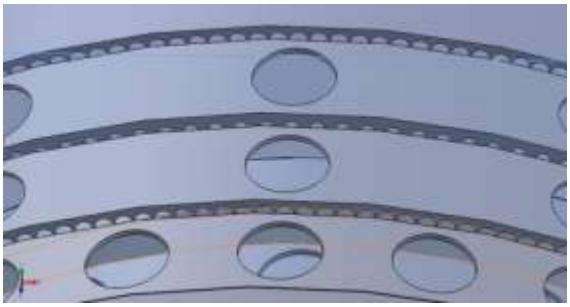
(b)



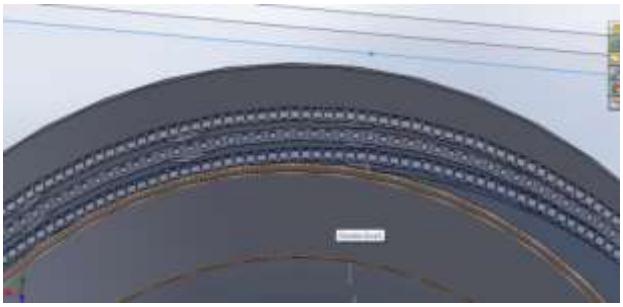
(c)

Şekil 1. Geometri için (a) yanma odasının uzunluk ölçüleri (b) izometrik açıdan açıklık ölçüleri (c) swirl ölçüleri.

Şekil 2'de annulus açıklıklarının (a) önden, (b) arkadan ve (c) yandan görünümü verilmiştir.



(a)

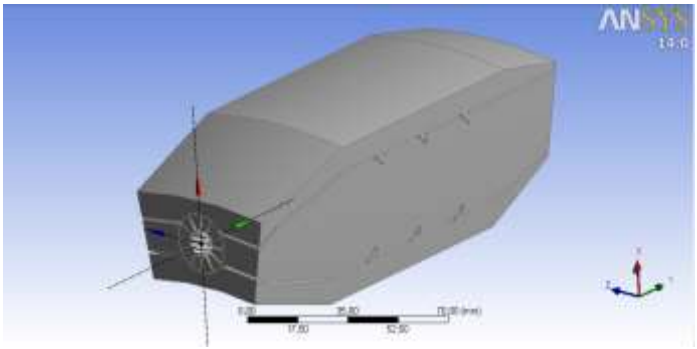


(b)

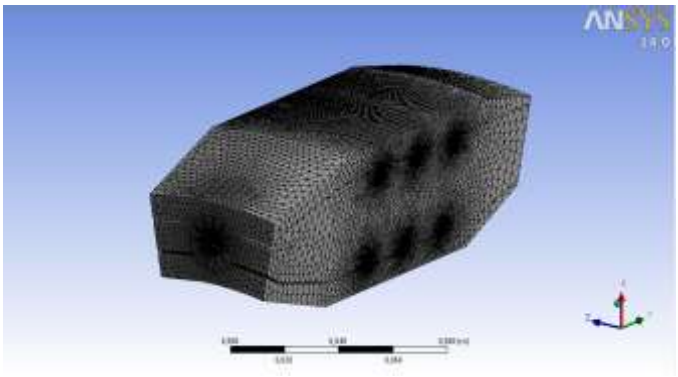
(c)

Şekil 2. Annulus açıklıklarının (a) önden, (b) arkadan ve (c) yandan görüntüsü

Yapılan sayısal çalışmada kullanılan akış hacmi ve mesh yapısı ise Şekil 3’te gösterildiği gibidir.



(a)

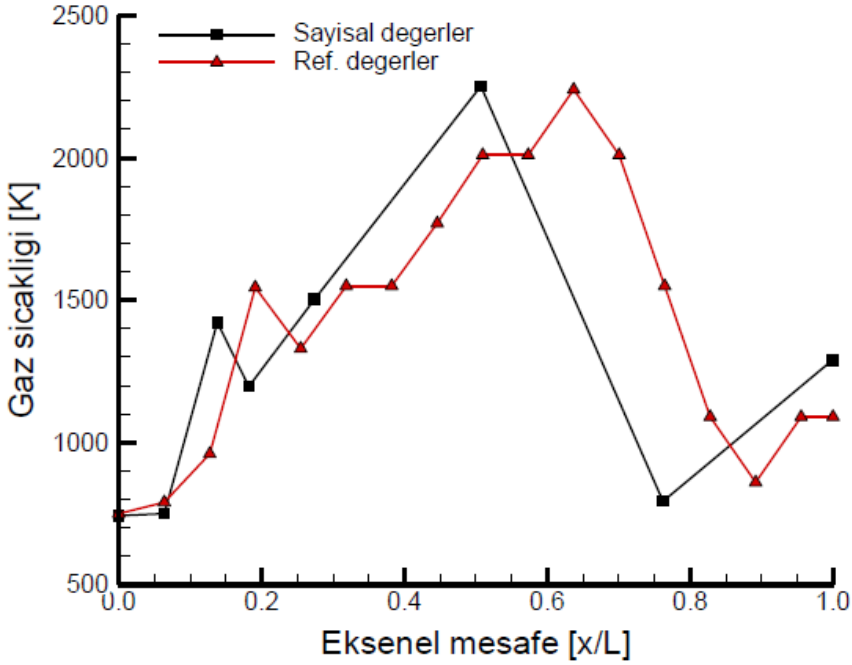


(b)

Şekil 3. Model için (a) akış hacmi, (b) mesh yapısı

Bulgular

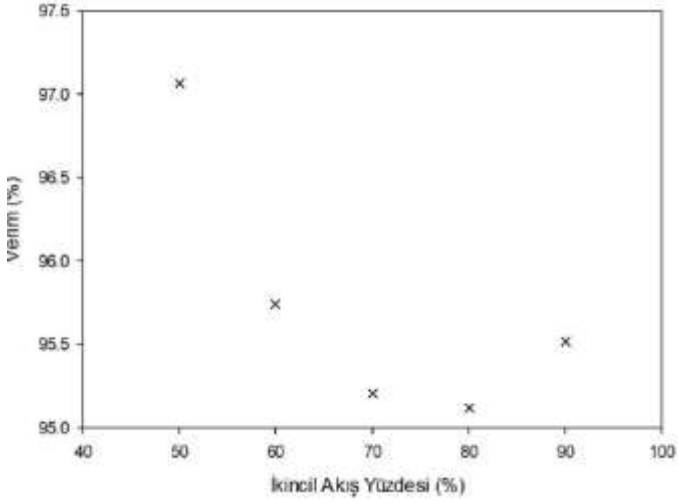
Bu çalışmada sayısal çözümlemelerin uyumluluğu kerozin yakılması sonucu ikincil akışın etkileri araştırılmış olup literatür çalışmasından elde edilen referans değerler ile karşılaştırma yapılmıştır. Eksenel mesafeye göre merkez hattın gaz sıcaklık değerleri sayısal çalışmamız ile referans aldığımız değerler ile birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Valüdasyonun uyumlu olduğu Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. Valüdasyon eğrisi

3.1 Yanma Verimi

Yanma odasında gerçekleşen kimyasal reaksiyonda giren yakıtın bir ısı enerjisine ne kadar dönüştüğünü ve bu yanma sonucu ne kadar verim alındığı ile ilgilidir. Yanma reaksiyonlarında verimi her zaman en yüksek olmasını istenmektedir. Şekil 5'te model yanma odası ikincil akış yüzdelerine bağlı olarak yüzde verimi görülmektedir.

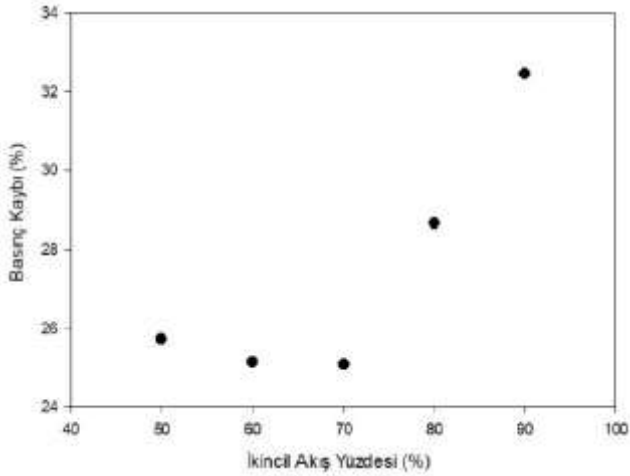


Şekil 5. Model yanma odası ikincil akış yüzdelerine bağlı olarak yüzde verimi

Yanma odasında ikincil akış arttıkça yanma odasına giren hava miktarı azaldığından dolayı yanma verimi genellikle azaldığı görülmektedir. İkincil akış oranı %50 iken yanma verimi %97.06 olmakta akış oranı %80 iken yanma verimi %95.12 hesaplanmaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere yanma bölgesine giren hava miktarının azalması verimi düşürmektedir.

3.2 Basınç Kayıpları

Model yanma odası ikincil akış yüzdelerine bağlı olarak yüzde basınç kaybı Şekil 6'da gösterilmektedir.

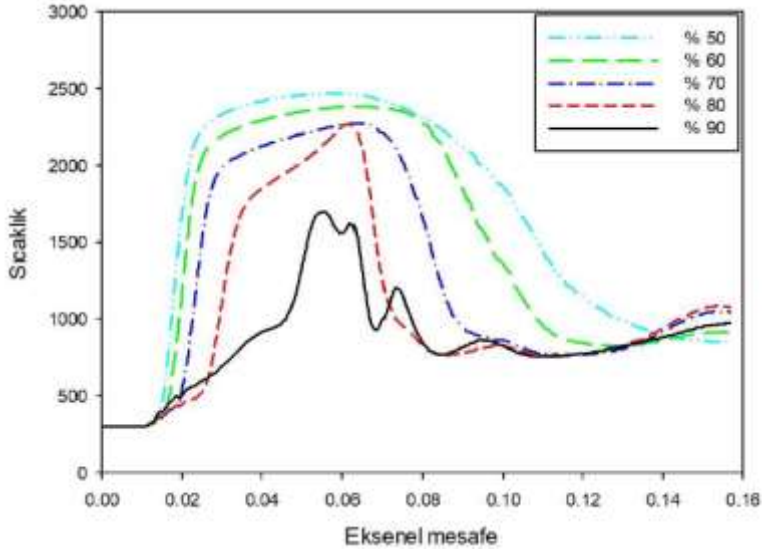


Şekil 6. Model yanma odası ikincil akış yüzdelerine bağlı olarak yüzde basınç kaybı

Yanma odasında ikincil akış oranının eldeki verilere göre en ideal %70 olduğu görülmektedir. İkincil akış oranı hava yüzdesi arttıkça basınç kayıplarımız artmaktadır. Bunun sebebi gönderilen hava artmakta ve yanma reaksiyonu azalmakta olduğu düşünülmektedir.

3.3 Sıcaklık Dağılımları

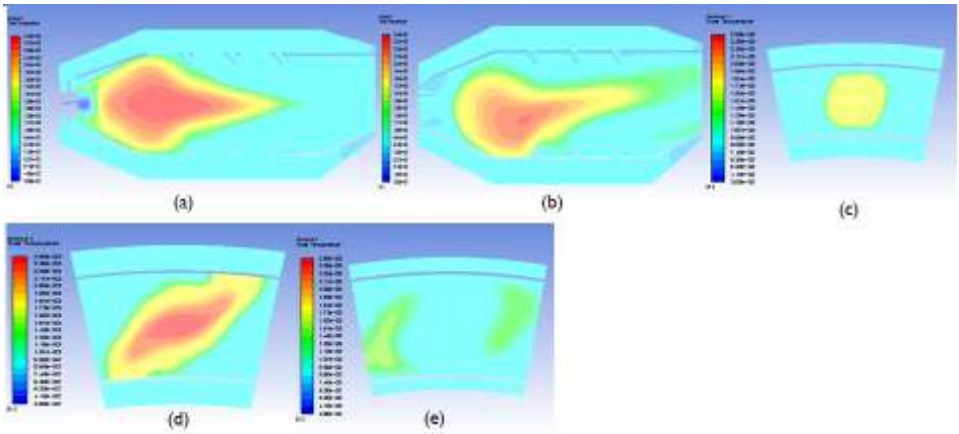
Şekil 7'de görüldüğü üzere sıcaklık görünümlerine baktığımızda da ikincil akışın % oranı azaldıkça yani yanma bölgesine giren hava miktarı arttıkça sıcaklıkta çok fazla bir değişim olmasa da alevin yanma odasının çıkışına doğru uzadığı açıkça görülmektedir.



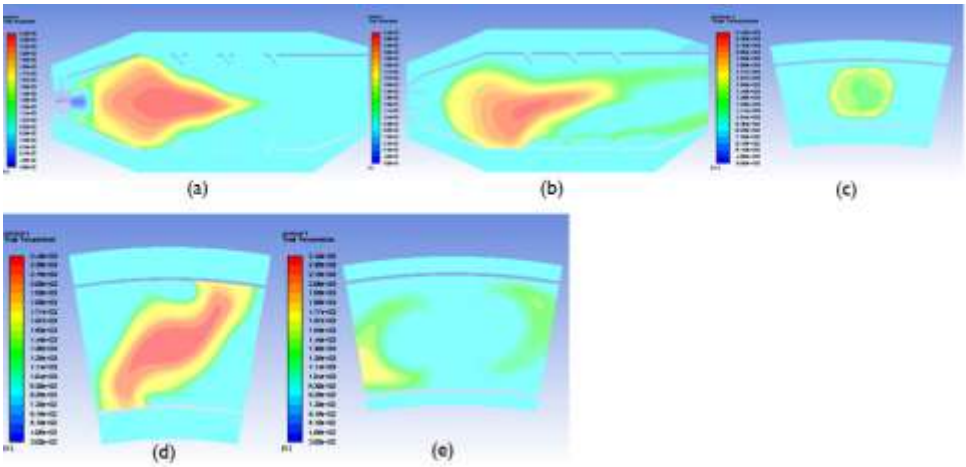
Şekil 7. Yanma odasında eksenel mesafeye göre farklı ikincil akış yüzdelerinin sıcaklığa bağlı değişimi

Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere %90 hariç ikincil akış yüzdeleri birbirleriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Ancak akış yüzdesi %90 olduğunda stabilite bozulmaya başlamaktadır.

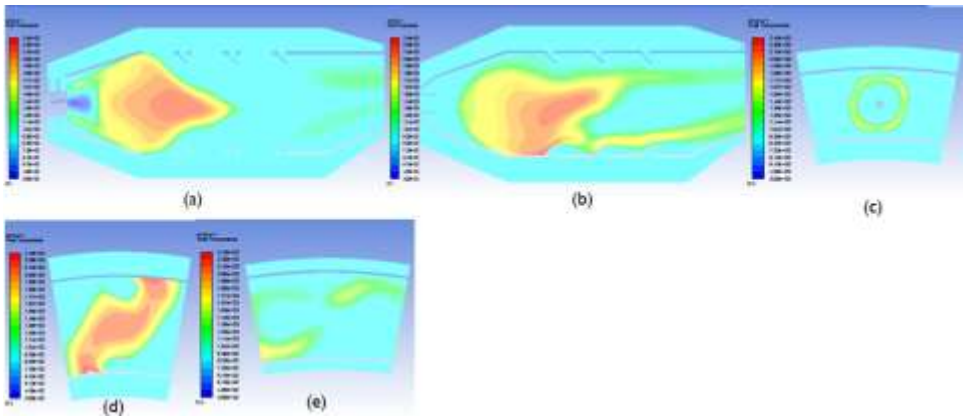
Şekil 8-12 arasında ise Model yanma odasında ikincil akış oranı %50 (a) Merkez düzlem, (b) Z -10 düzlem, (c) Y 20 düzlem (d) Y 60 düzlem ve (e) Y 150 (outlet) düzlem toplam sıcaklık dağılım görünümü verilmiştir.



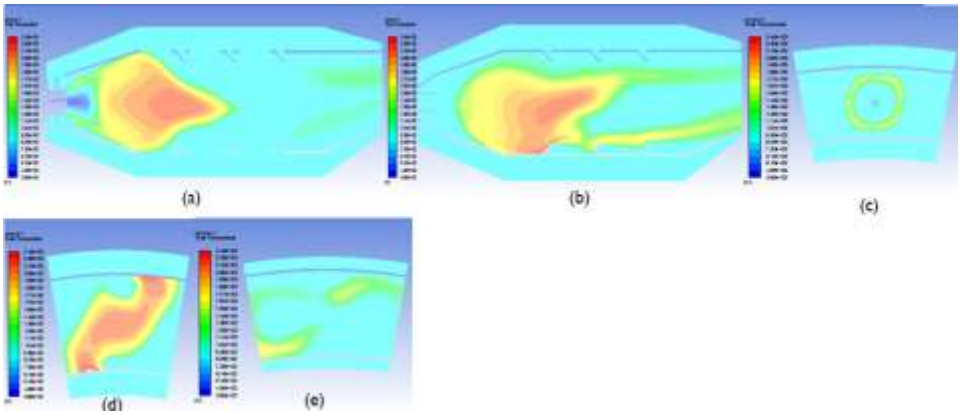
Şekil 8. Model yanma odasında ikincil akış oranı %50 (a) Merkez düzlem, (b) Z -10 düzlem (c) Y 20 düzlem (d) Y 60 düzlem (e) Y 150 (outlet) düzlem toplam sıcaklık dağılım görünümü



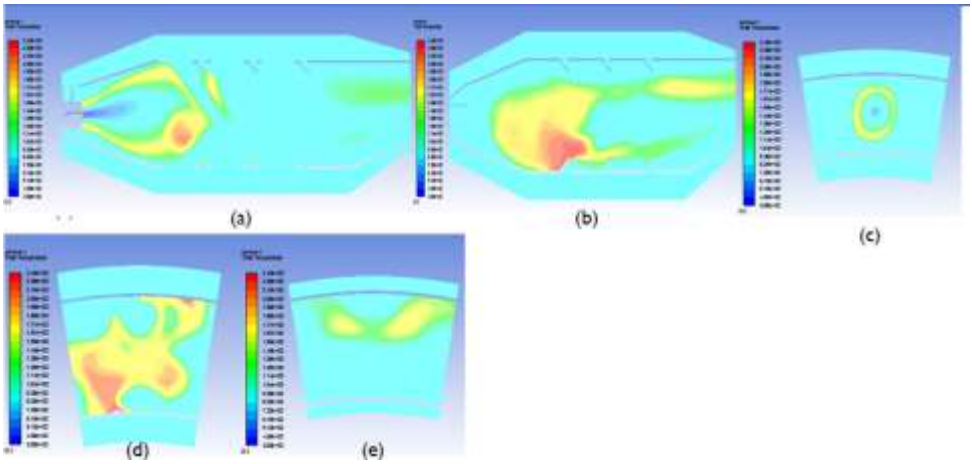
Şekil 9. Model yanma odasında ikincil akış oranı %60 (a) Merkez düzlem, (b) Z -10 düzlem (c) Y 20 düzlem (d) Y 60 düzlem (e) Y 150 (outlet) düzlem toplam sıcaklık dağılım görünümü



Şekil 10. Model yanma odasında ikincil akış oranı %70 (a) Merkez düzlem, (b) Z -10 düzlem (c) Y 20 düzlem (d) Y 60 düzlem (e) Y 150 (outlet) düzlem toplam sıcaklık dağılım görünümü



Şekil 11. Model yanma odasında ikincil akış oranı %80 (a) Merkez düzlem, (b) Z -10 düzlem (c) Y 20 düzlem (d) Y 60 düzlem (e) Y 150 (outlet) düzlem toplam sıcaklık dağılım görünümü



Şekil 12. Model yanma odasında ikincil akış oranı %90 (a) Merkez düzlem, (b) Z -10 düzlem (c) Y 20 düzlem (d) Y 60 düzlem (e) Y 150 (outlet) düzlem toplam sıcaklık dağılım görünümü

Sonuçlar ve Değerlendirme

Yanma odasında ikincil akış arrtıkça yanma odasına giren hava miktarı azaldığından dolayı yanma verimi genellikle azalmaktadır. İkincil akış oranı %50 iken yanma verimi %97.06 olmakta akış oranı %80 iken yanma verimi %95.12 hesaplanmaktadır.

Yanma odasında ikincil akış oranının eldeki verilere göre en ideal %70 olduğu görülmektedir. İkincil akış oranı hava yüzdesi arttıkça basınç kayıpları

artmaktadır. Bunun sebebi gönderilen havanın artması ve yanma reaksiyonunun azalmasıdır.

Yanma odası modelinde ikincil akışın sıcaklık dağılım grafiğini incelediğimizde alevin genişleme bölgesinde başladığı görülmüş olup, birincil bölgeye doğru ilerlediği görülmektedir. Ek olarak ikincil akışın etkisiyle alev ince uzun bir şekilde yanma odası çıkışına doğru yönelmektedir.

Sıcaklık görünümleri incelendiğinde ikincil akışın % oranı azaldıkça yani yanma bölgesine giren hava miktarı arttıkça sıcaklıkta çok fazla bir değişim olmasa da alevin yanma odasının çıkışına doğru uzadığı açıkça görülmüştür.

Kaynakça

Lee JH, Do GS, Moon HJ, Kwon OC. (2016) An annulus-type micro reforming system integrated with a two-staged micro-combustor. *Int J Hydrogen Energy* 2010;35:1819–28. doi:10.1016/j.ijhydene.2009.12.070.

Chamber C, Zone B, Zone I, Zone P, Zone R, Flow R. (2007) Learn more about Dilution Zone Gas turbine combustion An Overview of Gas Turbines.

Amal, AH.,Alkhafaji, D., Jelawy HA. A computational study into the influence of cold film on can combustor annulus flow, 295-300,*9th International Conference on Developments in eSystemsEngineering (DeSE).*

Lee JH, Do GS, Moon HJ, Kwon OC (2010). An annulus-type micro reforming system integrated with a two-staged micro-combustor. *Int J Hydrogen Energy* 35:1819–28. doi:10.1016/j.ijhydene.2009.12.070.

Gupta Ak, Chomıak J, Marchıonna N, Ramavajjala MS. (2008) Burner geometry effects on combustion and NO(x) emission characteristics using a variable geometry swirl combustor. *J Propuls Power* 7:473–80. doi:10.2514/3.23351.

Rahim A, Alkhafagiy D, Talukdar P. Effect of Casing Geometry on Flow Characteristics in a Model Can-Combustor(2013) 73. doi:10.1115/gtindia2012-9538.

CONTROL OF A TRIPTERON ROBOT BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Serdar Sayın
Dokuz Eylul University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Mechatronics Engineering, İzmir, Turkey, E-mail: sayinserdar512@gmail.com

Zeki Kıral
Dokuz Eylul University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, İzmir, Turkey, E-mail: zeki.kiral@deu.edu.tr

Abstract: Developing technologies of today is aimed to be designed in new ways of control algorithms such as artificial neural networks. In this study, a tripteron robot was designed and manufactured from the very beginning, to be controlled by an artificial neural network algorithm.

When the study considered in two main different sections, the first part of it would be the CAD design part in SolidWorks. After all the researches about the robot, the last design was built which was easy to assemble, cheap enough to be manufactured and sufficient to be used to test the developed algorithms. The second section of the study includes all the software of the robot. Two main programs being used were Matlab and Arduino IDE. The Matlab was firstly responsible to apply the determined neural network algorithm to convert the end effector position data to the linear guide position data. The determined artificial neural network algorithm was simple adaptive linear combiner. Secondly, the Matlab was responsible to calculate the required simultaneous stepper motor driving data by the other developed algorithms. Arduino microcontroller was used to drive the stepper motors according to the data which calculated on Matlab and stored in a micro SD card. While the Arduino can drive digital signals through only serial ports, the stepper motors were successfully driven simultaneously to achieve the most realistic robotic motion.

Keywords: Tripteron robot, LMS algorithm, open loop control

Introduction

Since the demand of the industries to higher production numbers in less process time, factories began to use robotic applications rather than human work force. Two types of the manipulators that compensate this requirement are serial and parallel manipulators. Parallel manipulators are widely used according to their higher pay load capacity, lower inertia forces and increased rigidity. Parallel manipulators can be defined as mechanisms that have closed loop structure, control a shared platform by several arms (Patel & George, 2012).

Tripteron Robot, the first member of the multipteron robots, is a type of parallel manipulator with the closed loop structure and the fixed linear actuators at the body (Gosselin, Masouleh, Duschaine, Richard, Foucault & Kong, 2007).

Artificial Neural Networks (ANN) that have inspired from the human brain cells has the ability to do certain calculations such as pattern recognition, perception or motor control. The least mean square (LMS) algorithm that was inspired from the perceptron was firstly created by Widrow and Hoff at 1960 as linear adaptive filter to solve problems such as prediction or communication-channel equalization (Haykin, 2009).

As a new computation technique, the ANN can be used for processing kinematics of a parallel manipulator (Dehghani, Ahmadi, Khayatian, Eghtesad & Farid, 2008). ANN can be applied to a parallel manipulator's control system to avoid mechanical failures, the precision of the manipulator may change according to productions mistakes (Heydarzadeh, Karbasizadeh, Masouleh & Kalhor, 2018). Artificial neural networks can be part of a closed loop control system of a parallel manipulator to increase the precision (Zhukov, Korotkov, Moroz, Zhukova & Abramov, 2018). In the given references, ANN is studied for kinematics and control of a parallel manipulator.

This study aims to develop a control software to be tested on a tripteron robot which will be designed and manufactured. Artificial Neural Networks will be studied on the control of the tripteron robot.

Material and Method

The design of the robot has been made based on the tripteron robot's PRRR type mechanism, which has three legs connected orthogonally to a shared platform. All the prismatic joints direction and the axis of the revolute joints in each leg are parallel so the mechanism is fully decoupled (Gosselin et al., 2007). Since the solutions for kinematics of the tripteron robot are trivial, the correlation between the end effector and prismatic input joint is one to one (Elkady, Elkobrosy, Hanna & Sobh, 2008).

The first design of the tripteron robot is given in Fig. 1. Except the body parts, arms and the linear guides, almost all the parts of the first design was planned to be 3D printed. It is seen that the more usage of custom made parts increases the cost and also ABS material was not rigid enough to be used, especially for joint parts. As a result, the design given in Fig. 2 is made as a new alternative design, which has less printed parts and more standard parts in whole assembly. The level of the standardization can be seen by comparing both CAD designs. According to the final design given in Fig. 2, the tripteron robot is manufactured as shown in Fig. 3.

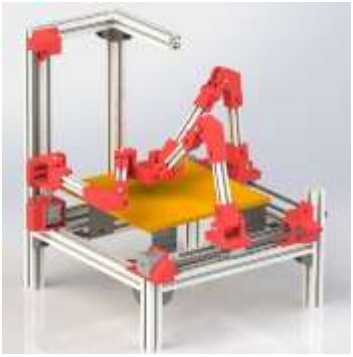


Fig. 1. First design

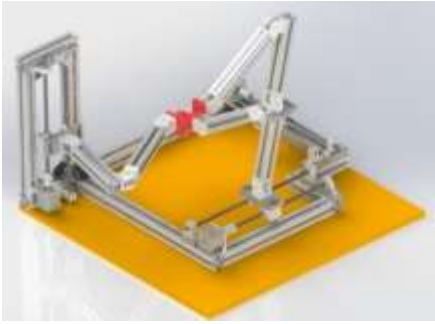


Fig. 2. Final design

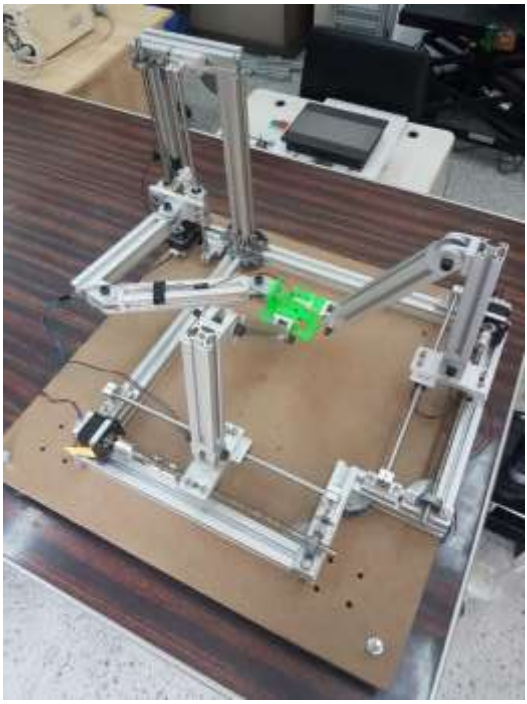


Fig. 3. Manufactured Tripteron Robot

The analysis of the tripteron robot is made based on a simplified model which helps to decrease the required time to perform the simulation. The simplified model used for the analysis is given in Fig. 4 and the analysis conditions parameters for the tripteron robot is given in Fig. 5. The surfaces with green arrows are assumed to be fixed. The 5 kg load is represented in purple arrow and the gravity force is represented in red arrow. The position of the manipulator is at x=25mm, y=175mm, z=175mm.

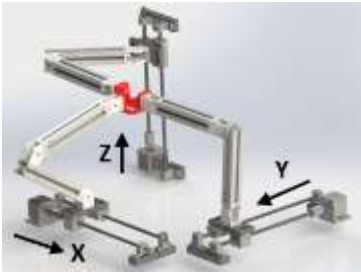


Fig. 4. Simplified CAD model

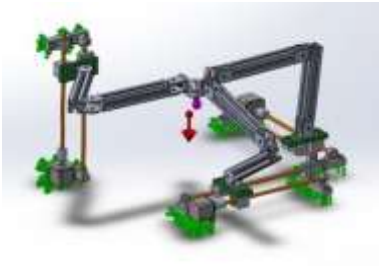


Fig. 5. Analysis conditions

The Fig. 6 shows the finite element mesh properties used in the structural analysis of the tripteron robot.

Mesh Detaylar

Etüt adı	Static 1 (-Varsayılan-)
Mesh tipi	Katı Mesh
Kullanılan Meshleyici	Eğrilik tabanlı mesh
Jakoben noktalar	4 nokta
Maks. Eleman Boyutu	45 mm
Min. Eleman Boyutu	9 mm
Mesh kalitesi	Yüksek
Toplam düğüm	196030
Toplam eleman	108757
Maksimum En Boy Oranı	194.34
En Boy Oranı < 3 olan elemanların yüzdesi	19.8
En Boy Oranı < 10 olan elemanların yüzdesi	26.6
Şekli bozulmuş elemanların (Jakoben) %	0
Uyumsuz meshli başarısız parçaları yeniden mesh edin	Açık
Mesh tamamlama süresi (sa:dk:sn)	00:00:17
Bilgisayar adı	

Fig.6. Mesh details

The results of the stress analysis is given in Fig. 7. It can be seen that the arm at the vertical axis carries the load while the other arms are almost free of loading in contrast to the common parallel mechanisms. This unbalanced load distribution causes greater displacement in vertical axis than the rest of the mechanism, so this situation leads to a less precise motion control at the end effector. Maximum stress value is calculated as 92.9 MPa.

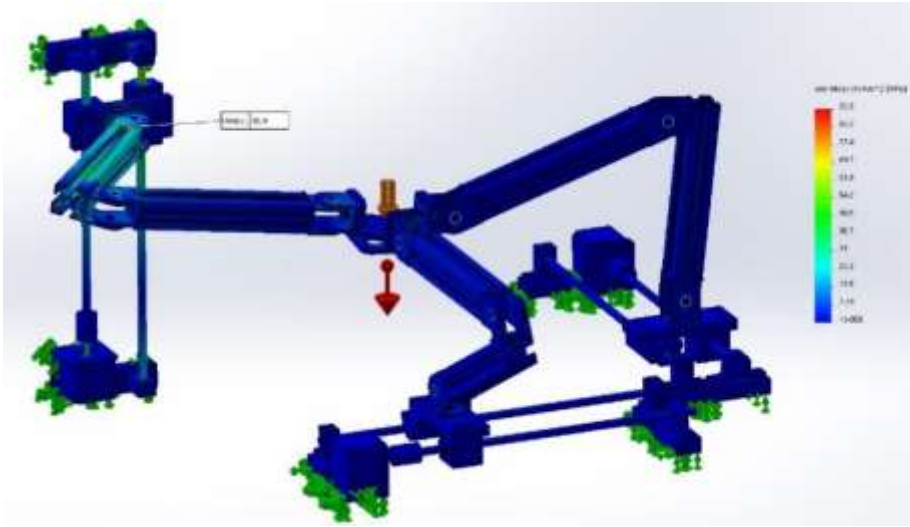


Fig. 7. Results of the stress analysis

The results of the displacement analysis given in Fig. 8-11. These results show that the main displacement is at the vertical axis just as expected from the stress analysis. When it compared, the rest of the displacement at the other axis can be ignored, therefore total displacement is mainly consists of vertical displacement.

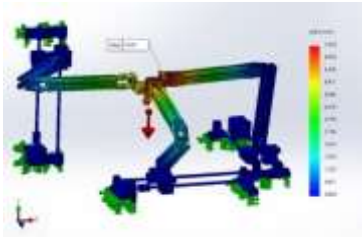


Fig. 8. Total displacement

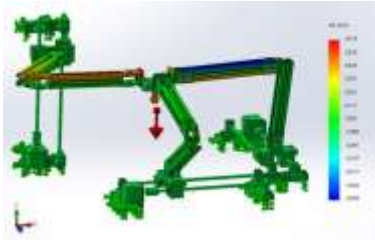


Fig. 9. Displacement X

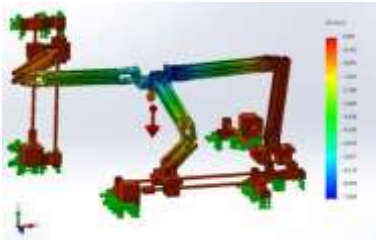


Fig. 10. Displacement Y

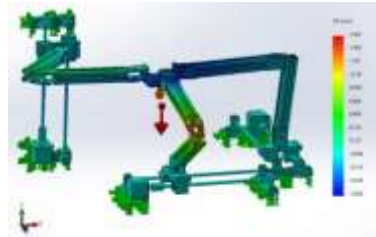


Fig. 11. Displacement Z

The results of the pin check diagram is given in Fig. 12. According to this diagram, it can be said that all the pins can safely be used for the applied load. Minimum factor of safety occurs in the vertical linear guide connection pin as 8.3.

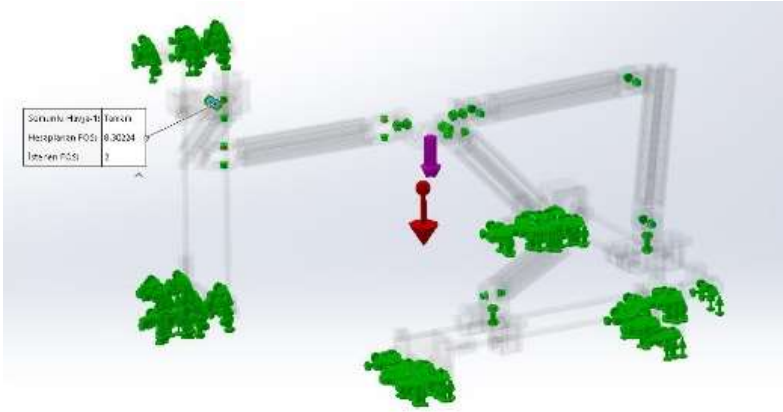


Fig. 12. Results of the pin check analysis

Stress, displacement, frequency and factor of safety parameters of the tripteron robot are studied at various points of the workspace. By considering the calculation time and the required computation power, 48 different points in the workspace are considered. When all the required data collected for a basic presentation, the results of the multipoint mechanical analyses are combined with the end effector path diagram. The results of the stress, displacement, natural frequency and factor of safety analyses are given respectively in Fig. 13-16. As it can be seen from these results, the rigidity of the robot changes at different points of X, Y and Z because of the mechanics of the robot, therefore it is not possible to use tripteron robot at the same precision level in the workspace without using any extra control algorithm.

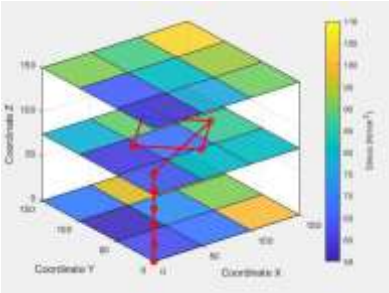


Fig. 13. Stress distribution

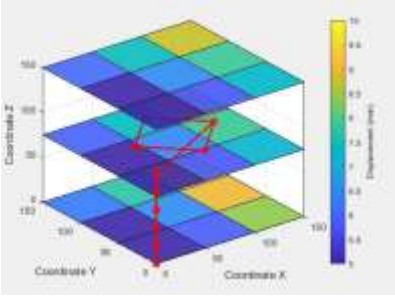


Fig. 14. Displacement distribution

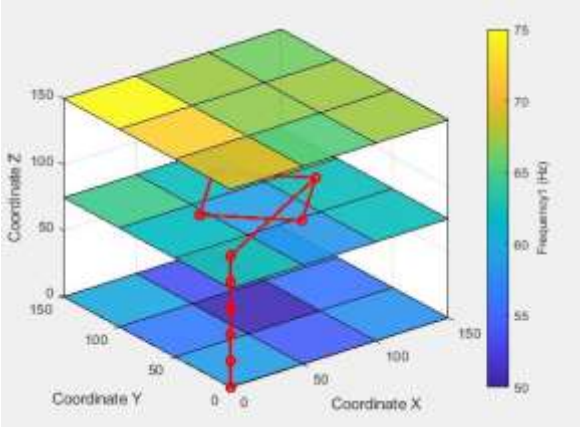


Fig. 15. 1st natural frequency distribution

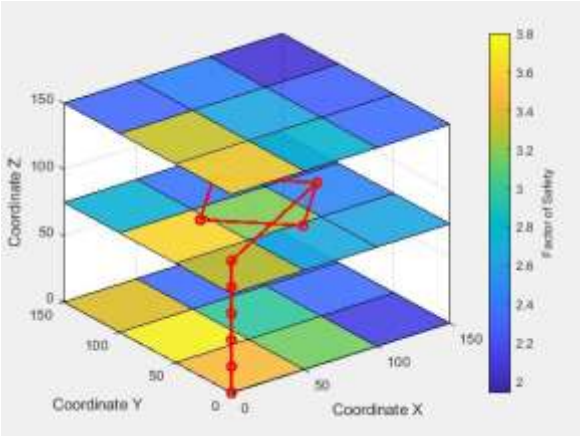


Fig. 16. Factor of safety distribution

Another ANN algorithm can be used to avoid this mechanical problem with the ANN algorithm that already in use for the kinematics of the robot. The new algorithm requires much more analysis results at higher quality mesh to make predictions about displacement at any points of workspace. Once the required numbers of data collected, then two different sets of data can be used. One data set should include the known prismatic joint positions and the other data set should include the real positions of the end effector according to the inputs and the known displacements of the robot.

The importance of the displacement at the precise control of the tripteron robot is mentioned, however only the kinematics of the robot is in the scope of the developed software. The mechanics of the robot can be studied later to improve the manipulator's positioning accuracy.

The estimated cost of the project was 2000 TL (350$). To not exceed this budget, all the parts are chosen from the standard machine elements that are easy to find on the market as it can be seen from the final design given in Fig. 2.

Control Software

Least mean square (LMS) algorithm has a basic method, which is enough to be used for calculating a network that has one input and one output while the relation between the data is linear. The tripteron robot has decoupled mechanism, therefore the three inputs of the manipulator should be considered separately. The correlation between the position input and the end effector output must be linear according to the kinematics of the tripteron robot.

Arduino Microcontroller can drive digital signals through serial ports, therefore steppers must be driven by a simultaneous stepper drive (SSD) algorithm to achieve the most synchronized robotic motion. The written algorithm basically finds the greatest common divisor (gcd) of three steppers' steps, then creates three different sub loops in one main loop. While the sub loops return the division of the number of steps at each motor to the gcd, main loop returns the gcd.

Control software includes many different sections in Matlab and Arduino IDE. The program has almost 1000 lines of codes, therefore a simplified diagram to show how the system works step by step can be a better option. Fig. 17 shows how all the system works. Some Matlab outputs are given in Fig. 18-21.

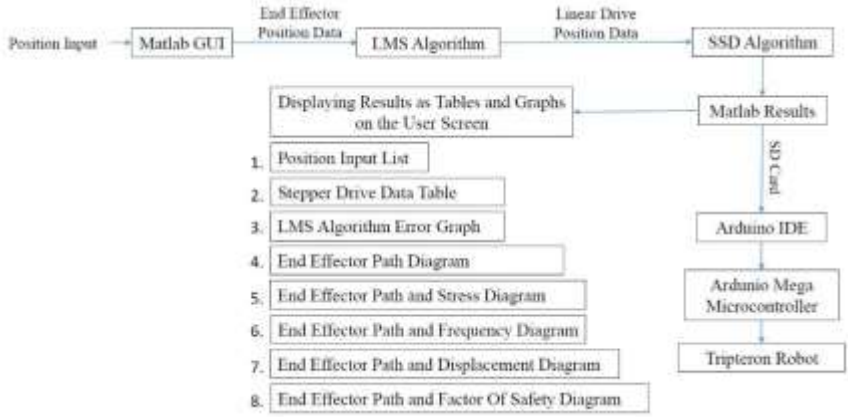


Fig. 17. Control software structure

Fig. 18 shows the manipulator points to be followed as a list to ensure the user about the program. Fig. 19 shows the number of steps, calculated delay times and the results of the simultaneous drive algorithm for each track. Fig. 20 shows the results of the LMS algorithm's error change that represents the difference between the output and the desired output. Fig. 21 illustrates the path followed by the end effector.

xmani	ymani	zmani
0	0	0
0	0	20
0	0	40
0	0	60
0	0	80
0	0	100
120	80	80

Fig. 18. Matlab output 1

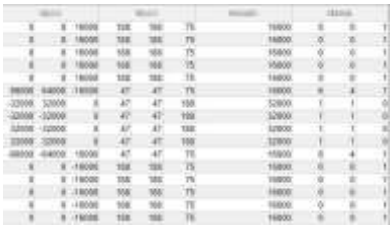


Fig. 19. Matlab output 2

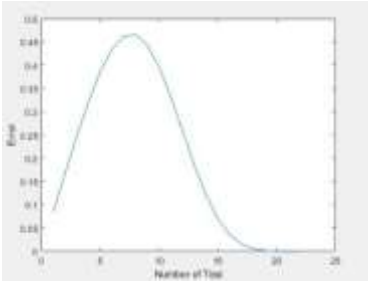


Fig. 20. Matlab output 3

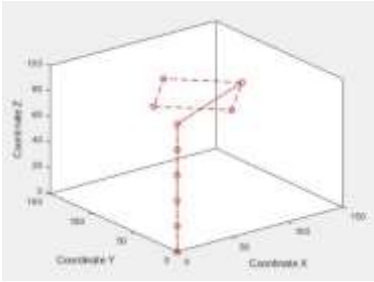


Fig. 21. Matlab output 4

Results and Discussions

In the scope of this study, a tripteron robot is designed, analyzed, manufactured and controlled by using an ANN based control software. The robot is used successfully to follow the programmed paths for user-defined pick and place applications. The Matlab and the Arduino IDE software works properly to control the robot.

As expected from the analysis, the displacement at mainly the vertical axis differs at different points of workspace and this affects to the precision of the manipulator while doing regular tasks.

Conclusions

In this paper, design, mechanical analysis, production and the control software of a tripteron is studied. The kinematics of the tripteron robot is processed by LMS algorithm. The design and analysis of the robot is made by using SolidWorks while the control software of the robot is made in Matlab and Arduino IDE.

The results of the displacement analysis can be used to improve the precision of the robot. The displacement at different points in the workspace can be predicted by using another ANN, which will be created by using the mechanical analysis data. The two ANN system can be combined to control the motion of the end effector more precisely.

References

Dehghani, M., Ahmadi, M., Khayatian, A., Eghtesad, M. and Farid, M. (2008). Neural Network Solution for Forward Kinematics Problem of HEXA Parallel Robot. IEEE Xplore. doi:10.1109/ACC.2008.4587155

Elkady, A., Elkobrosy, G., Hanna, S. and Sobh, T. (2008). Cartesian Parallel Manipulator Modeling, Control and Simulation. Intech. doi:10.5772/5435

Gosselin, C.M., Masouleh, M.T., Duchaine, V., Richard P.L., Foucault, S. and Kong, X. (2007). Parallel Mechanism of the Multipteron Family: Kinematic Architectures and Benchmarking. IEEE Xplore. doi:10.1109/ROBOT.2007.363045

Haykin, S. (2009). Neural Networks and Learning Machines. Ontario: Pearson. [Adobe Acrobat Reader sürümü]. Erişim adresi: http://dai.fmph.uniba.sk/courses/NN/haykin.neural-networks.3ed.2009.pdf

Heydarzadeh, M., Karbasizadeh, N., Masouleh, M.T. and Kalhor, A. (2018). Experimental kinematic identification and positions control of a 3-DOF decoupled parallel robot. Journal of Mechanical Engineering Science. doi:10.1177/0954406218775906

Patel, Y.D. and George, P.M. (2012). Parallel Manipulators Applications-A Survey. Scientific Research, 2, 57-64. doi:10.4236/mme.2012.23008

Zhukov, Y.A., Korotkov, E.B., Moroz, A.V., Zhukova, V.V. and Abramov, A.M. (2018). Adaptive neural network control of hexapod for aerospace application. IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/441/1/012001

ÇAPRAZ-KESİK KÖPÜK İÇEREN DENİZEL SANDVİÇ KOMPOZİTLERİN EĞİLME DAVRANIŞLARININ SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

FINITE ELEMENT ANALYSIS ON THE FLEXURAL BEHAVIOUR OF GRID-SCORED FOAM CORED MARINE SANDWICH COMPOSITE BEAMS

Mete Oğuzhan Efe[*],
[*]*Department of Mechanical Engineering, Balıkesir University, Balıkesir,Turkey*
E-mail: mete.oguz.efe@gmail.com

Fatih Balıkoğlu[*], Tayfur Kerem Demircioğlu[*], İrfan Ay[*], Nurettin Arslan[**], Akın Ataş[***]
[**]*Department of Energy Systems Engineering, Manisa Celal Bayar University,Turkey*
[***]*School of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, University of Manchester, Manchester, UK*
E-mail: faith.balikoglu@balikesir.edu.tr

Abstract: In this study, the flexural performance of marine sandwich composite beams comprising E-glass/vinyl ester face sheets and grid-scored foam core was investigated. Sandwich composite beams were manufactured using saw-cut PVC foam by vacuum assisted resin transfer molding method with vinyl-ester resin system for infusion. Flexural tests of the sandwich composite beams with rigid and saw-cut foam cores were carried out using the three-point and the four-point bending test set-up at different span lengths according to ASTM C393 standard. Flexural properties such as bending ultimate load and stiffness values decreased with increasing span length. Using saw-cut core increased the bending stiffness values by 39%-92.3% and ultimate loads by %50-%81 depending on span length. As a reason for the increase in flexural performance, it can be stated that the rigid-resin-filled cuts significantly increase both the flexural rigidity as well as the shear stiffness of the beams. In contrast to bending strength and stiffness improvements, the deflection at final failure is decreased in saw-cut foam cored specimen compared to rigid cored one. This result shows that rigid cuts reduce plastic deformation ability and ductility of the foam core. Flexural responses of the sandwich beams were also numerically predicted using ANSYS FEA software taking into account of the combined effect of orthotropic linear elasticity of the skin and the isotropic hardening plasticity (MISO) model representing the foam core behavior. Finite element analysis results accurately captured the initial and post-yield responses of flexural tests of the rigid and saw-cut foam cored specimens. In light of this data, 3-D finite element models of sandwich beams with knife-cut and flexi-cut foams were also built to numerically determine their load bearing capacities. It was observed from the numerical results that the flexi-cut foam cored beams showed the highest flexural stiffness and carried higher loads among other core cuts.

Keywords: Sandwich composite, grid-scored foam, flexural, finite element analysis

Giriş

Sandviç kompozit malzemeler, sahip oldukları özgül eğilme dayanımı ve rijitlik özelliklerinden dolayı mühendislik uygulamalarında sıkça tercih edilirler (Vinson, 1999). Sandviç kompozit yapıların üretim kolaylığı ve deniz şartlarına dayanıklılık gibi avantajları, bu malzemeleri yat ve tekne imalatçıları için ideal bir seçenek haline getirmiştir (Mouritz & Thomson, 1999; Zenkert, 2009). Denizcilik uygulamalarında genellikle çekirdek malzeme olarak balsa veya poli-vinil klorür (PVC) köpük çekirdekler kullanılmaktadır. Yüzey tabaka olarak ise E-cam, karbon veya Kevlar elyaf takviyeli polimer kompozit malzemeler tercih edilmektedir (Graham-Jones & Summerscales, 2015; Mouritz, Gellert, Burchill, & Challis, 2001; Pemberton, Summerscales, & Graham-Jones, 2018). Modern tekne ve yat gövdelerini ve güverte parçalarını üretmek için vakum destekli reçine transfer yöntemi (VARTM) yaygın olarak kullanılmaktadır. VARTM yöntemi, sandviç kompozitlerin mükemmel bir boyutsal kararlılık ve yüksek fiber hacmine sahip olmalarını sağlamaktadır (Jin Dai & Hahn, 2003; J Dai, Pellaton, & Hahn, 2003). Sandviç panellerin yüzey tabaka-çekirdek ara yüzeyi boyunca reçine akışını kolaylaştırmak ve yüzey kumaşların homojen şekilde ıslanmasını sağlamak için delikli, oluklu ve/veya kesikli çekirdek yapılar kullanılmaktadır. Çekirdek malzemede oluşturulan bu modifikasyonlar reçine ile dolarak yüzey tabaka-çekirdek temas yüzeyleri arasındaki kontak kuvvetini arttıran ve sandviç panellerin yapısal bütünlüğünü geliştiren bağlantı görevi de görmektedir. Fakat bu modifikasyonlar reçine hacminin artmasına ve sandviç panellerin ağırlığında artışa neden olmaktadır (Jhan, Lee, & Chung, 2011, 2012; Truxel, Aviles, Carlsson, Grenestedt, & Millay, 2006; Yokozeki & Iwamoto, 2016).

Çekirdek modifikasyonlarının sandviç kompozitlerin mekanik özellikleri üzerindeki etkileri kapsamlı olarak kaynaklarda raporlanmıştır (Abdi, Azwan, Abdullah, Ayob, & Yahya, 2016; Abdi et al., 2014; F Balıkoğlu, Demircioğlu, Yıldız, Arslan, & Ataş, 2018; Fang, Liu, Lu, & Wan, 2010; Halimi, Golzar, Asadi, & Beheshty, 2013; Juliyana & Krishnan, 2018; May-Pat, Aviles, & Aguilar, 2011; Nilanjan Mitra, 2010; N Mitra & Raja, 2012; Ahmed Mostafa, 2015; Ahmed Mostafa, Shankar, & Morozov, 2013a, 2013b). PVC köpük yüzeyinde açılan cam elyaf takviyeli yarım dairesel olukların sandviç kirişlerin düzlem içi kayma ve basma dayanımlarında artış sağladığı gözlenmiştir (Nilanjan Mitra, 2010; N Mitra & Raja, 2012). Olukların çap, yönlenme ve aralık değerlerinin sandviç panellerin düzlem içi kayma davranışına etkileri nümerik çalışmalarda kapsamlı incelenmiştir. Sonlu elemanlar analizi neticelerinde yüzey

oluklarının, panellerin başlangıç rijitlik ve düzlem içi kayma dayanımlarında iyileşme sağladığı vurgulanmıştır (Ahmed Mostafa, 2015; Ahmed Mostafa et al., 2013a, 2013b). Yarım halka şeklinde açılan yüzeysel olukların da sandviç kirişlerin kayma yükü taşıma kapasitelerinde artış sağladığı görülmüştür (Juliyana & Krishnan, 2018). Köpük malzemelerin kalınlık doğrultusunda açılan deliklerin reçine dolması neticesinde pim takviyeli çekirdek yapılar elde edilmiştir. Pimlerin sandviç kompozitlerin eğilme ve basma performanslarında iyileşme sağladığı belirlenmiştir (Abdi et al., 2016; Abdi et al., 2014; F Balıkoğlu et al., 2018; Halimi et al., 2013; May-Pat et al., 2011). Kesikli köpük malzemeler ise tekne gövdesi, rüzgâr türbini kanatları gibi kavisli parçaların imalatında kullanılmaktadır. Çapraz kesikler hem reçine akışının hızlanmasına hem de kavisli yüzeylerde köpük malzemenin deforme olmasına imkân sağlamaktadır. Reçine dolgulu ve elyaf takviyeli-reçine dolgulu kesikli köpük içeren panellerin eğilme ve basma dayanımlarında artış sağlandığı gözlenmiştir (Chen, Fang, Liu, Qi, & Zhu, 2018; Fathi, Wolff-Fabris, Altstädt, & Gätzi, 2013; Laustsen, Lund, Kühlmeier, & Thomsen, 2014; Qi, Fang, & Liu, 2016; Wang, Liu, Wan, Fang, & Hui, 2014; Wu, Liu, Wang, Fang, & Hui, 2014).

Tekne ve yat gövdelerini oluşturan sandviç yapılar sıklıkla eğilme yüklerine maruz kalır. Literatürde, sandviç kompozitlerin eğilme yükleri altındaki mekanik davranışlarının araştırılması için çok sayıda deneysel, analitik ve nümerik çalışmalar yapılmıştır (Borsellino, Calabrese, & Valenza, 2004; Jin Dai & Hahn, 2003; Daniel & Abot, 2000; Mohamed et al., 2015; A Mostafa, 2019; Ahmed Mostafa, Shankar, & Morozov, 2014, 2015; Russo & Zuccarello, 2007; Umer, Waggy, Haq, & Loos, 2012). Ayrıca araştırmalar çoğunlukla sandviç kirişlerin farklı destek mesafelerindeki mekanik davranışlarının karşılaştırılması üzerine yoğunlaşmıştır. Manalo ve diğ. (Manalo, Aravinthan, Karunasena, & Islam, 2010) farklı destek mesafesi/kalınlık oranlarına sahip fenolik çekirdekli sandviç kirişlerin eğilme davranışlarını araştırmıştır. Destek mesafesi/kalınlık oranındaki artışın, sandviç kirişlerin eğilme hasar yükünü azaltırken, sehim değerlerini arttırdığı gözlemlenmiştir. Mathieson ve Fam (Mathieson & Fam, 2015), farklı kesme mesafesi/kalınlık (a/d) oranlarında cam elyaf takviyeli polimer (CTP) tabaka ve poliüretan köpükten oluşan sandviç kirişlerin eğilme davranışlarını ve hasar türlerini incelemişlerdir. Kesme mesafesi/kalınlık oranındaki artış ile sandviç kirişlerin eğilme moment taşıma kapasitesi azalmış ve üst yüzey tabakalarda buruşma hasar tipi gözlenmiştir. Ferdous ve diğ (Ferdous, Manalo, & Aravinthan, 2017), CTP yüzey tabaka ve fenolik köpük içeren sandviç kirişlerin düzlemesine ve kılıçlama yönde eğilme yükleri altında davranışlarını araştırmışlardır. Sandviç kirişlerin farklı kesme mesafesi/kalınlık (a/d) oranlarında dört nokta eğilme testleri yapılmıştır.

Her iki tip yüklemede kesme mesafesi/kalınlık oranının arttırılmasıyla yük taşıma kapasitesinin azaldığı raporlanmıştır. Sandviç kirişlerin a/d≤2 oranında kesme hasarına, 2<a/d<6 değerinde hem kayma hem de eğilme hasarına ve a/d≥6' de ise eğilme hasarına uğradıkları gözlenmiştir. Sandviç kompozit kirişler düzlemesine yönde yüksek eğilme rijitliği, kılıçlama yönde ise yüksek kayma mukavemeti sergilemiştir. Yukarıda özetlenen çalışmalarda kiriş destek mesafesinin, sandviç kompozitlerin eğilme özelliklerine etki eden önemli bir parametre olduğu görülmektedir.

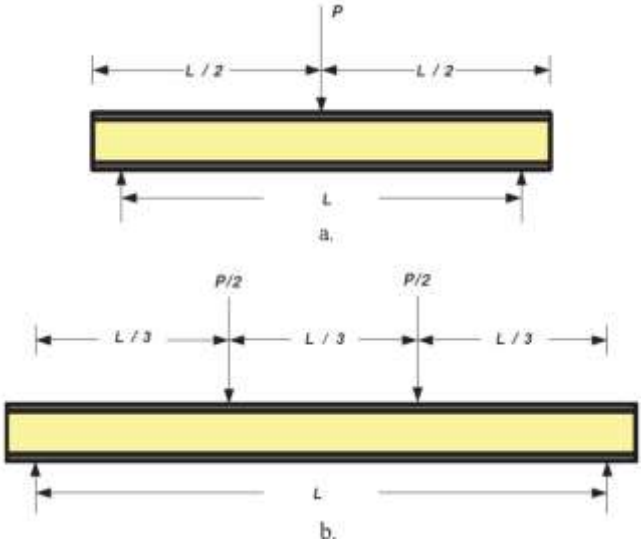
Sunulan çalışmada, kesikli ve kesiksiz PVC köpük içeren sandviç kompozit kirişlerin farklı destek mesafelerinde eğilme davranışları deneysel ve nümerik olarak incelenmiştir. Ayrıca, kaynaklarda kesikli kor içeren sandviç panellerin farklı destek mesafelerinde eğilme performanslarını karşılaştıran çalışmaya da rastlanmamıştır. Bu yüzden farklı kesik tipleri içeren ticari köpük ürünlerin mukayese edilmesi hedeflenmiştir. Çekirdek malzeme olarak testere kesikli, bıçak kesikli ve oluklu kesikli PVC köpük malzeme kullanılmasına karar verilmiştir. Testere kesikli ve kesiksiz referans modellerin nümerik analizleri deneysel verilerle doğrulanmıştır. Bu veriler ışığında, nümerik olarak eğilme yükü taşıma kabiliyetlerini belirlemek amacı ile bıçak-kesim ve oluk-kesim köpük içeren sandviç kirişlerin ise üç boyutlu sonlu elemanlar modelleri geliştirilmiştir. Sonlu elemanlar analizi neticesinde sandviç kirişlerin yük taşıma kabiliyetleri ve rijitlik değerleri karşılaştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Sandviç kompozit kirişler vakum destekli reçine transfer yöntemi (VARTM) ile infüzyon tipi Bisfenol-A epoksi vinil ester reçine sistemi kullanılarak üretilmiştir. Reçine içerisine ağırlıkça oranda kobalt içerikli hızlandırıcı (% 0.1-0.5 ağırlıkça) ve metil etil keton peroksit (MEKP, %2 ağırlıkça) sertleştirici katılmıştır. Üretim sırasında vakum pompası ile negatif 760 mmHg basınç sağlanmıştır. Üretim sonrası, sandviç plakalar test numunesi olarak kesilmeden önce iki (2) hafta boyunca kürleşmeleri için açık havada bekletilmiştir. Yüzey tabakalarda $[0/90]_{2s}$ dizilime sahip, 850 gr/m^2 alansal ağırlığında çift yönlü kıvrımsız dikişli E-cam elyaf malzeme kullanılmıştır. Çekirdek olarak 25 mm kalınlığında, 80 kg/m^3 yoğunluğa sahip PVC köpük malzeme tercih edilmiştir. Üretim sonrası kirişlerin ortalama kalınlıkları 30 mm olarak ölçülmüştür.

Testere-kesikli ve kesiksiz köpük içeren sandviç yapıların, eğilme davranışlarını belirlemek ve karşılaştırmak amacıyla farklı destek mesafelerinde üç (3) ve dört (4) nokta eğilme testleri yapılmıştır. Testler Zwick Roell Z250 elektromekanik statik çekme-basma test cihazında 6 mm/dk. test hızında gerçekleştirilmiştir. Eğilme yükü altında numunelerde

erken hasara sebebiyet vermemek için 50 mm çapında destek ve basma pimleri kullanılmıştır. Testler neticesinde testere kesikli PVC köpük içeren sandviç kirişlerin eğilme özellikleri örneğin; hasar yükleri ve eğilme rijitlik değerleri ile kesiksiz (düz) PVC çekirdek yapılı sandviç kirişlerin test verileri karşılaştırılmıştır. Eğilme testleri, ASTM C393 (ASTM, 2016a) ve ASTM D-7249(M-06, 2006) standartlarına uygun bir şekilde L_1=180mm, L_2=300mm ve L_3=450mm olmak üzere üç farklı destek mesafesi için yapılmıştır (bkz. Şekil 1).



Şekil 1. a.Üç (3) nokta, b.Dört (4) nokta eğilme test konfigürasyonları.

Yüzey tabakaların ISO ve ASTM standartlarına uygun şekilde yapılan testler neticesinde belirlenen mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. $[0/90]_{2s}$ yüzey tabakaların mekanik özellikleri.

Test	Standart	Özellik	90^0	0^0
Eğilme	ISO 14125(ISO, 1998)	Modül (GPa)	18.16	11.4
		Mukavemet(MPa)	431	396
Çekme	ISO 527-1(ISO, 2012)	Modül (GPa)	22.5	22.8
		Mukavemet(MPa)	332	464
		Maksimum Uzama(%)	1.89	2.61
		Poisson oranı	v_{12}	0.107
			v_{21}	0.117
Basma	ASTM D6641	Modül (GPa)	32.7	33.4

	(ASTM, 2016b)	Mukavemet(MPa)	149	218
		Maksimum Uzama(%)	1.13	1.97
Kayma	ASTM D7078 (ASTM, 2012)	Modül (GPa)	4.96	
		Mukavemet(MPa)	51.6	

Çekirdek malzeme olarak AIREX® C70.75 PVC köpük malzemesi seçilmiştir. Köpük malzemenin mekanik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Veriler, Airex AG firmasının malzeme kataloglarından alınmıştır ("Datasheet for Airex C70 PVC Foam,"). Sırasıyla testere kesikli köpük, bıçak kesikli köpük ve oluklu kesikli köpüklerin ölçüleri Şekil 2'de detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 2. AIREX® C70.75 köpük malzemenin mekanik özellikleri.

("Datasheet for Airex C70 PVC Foam,")

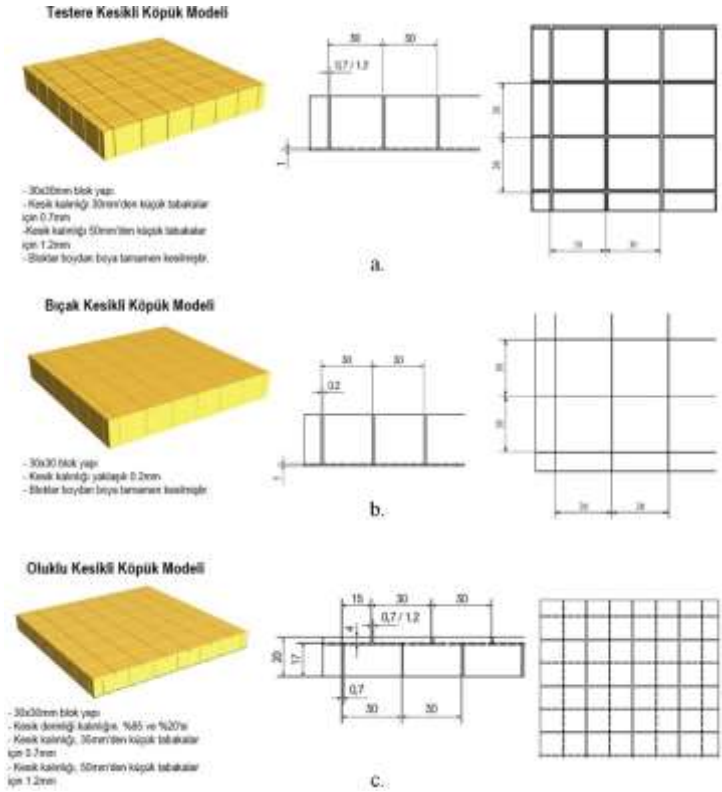
Özellik	Standart	Birim (metrik)	Değer (min-maks)
Yoğunluk	ISO 845	kg/m³	72 - 92
Düzlem dışı basma mukavemeti	ISO 844	N/mm²	1.10-1.45
Düzlem dışı basma modülü	DIN 53421	N/mm²	80-104
Düzlem içi çekme mukavemeti	ISO 527 1-2	N/mm²	1.6-2.0
Düzlem içi çekme modülü	ISO 527 1-2	N/mm²	50-66
Kayma mukavemeti	ISO 1922	N/mm²	1.0-1.2
Kayma modülü	ASTM C393	N/mm²	24-30
Maksimum kayma uzaması	ISO 1922	%	10-18
Isıl iletkenlik katsayısı (Oda sıcaklığında)	ISO 8301	W/m.K	0.033

VARTM üretiminde kullanılan Polives™ 702 marka infüzyon tipi Bisfenol-A epoksi vinilester reçinenin mekanik özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Sertleşmiş Polives™ 702 reçine için mekanik özellikler.

("Data sheet for cured Polives 702 Bisphenol-A epoxy Vinylester Resin,")

Özellik	Standart		Değer
Yoğunluk (gr/cm^3) - sıvı	ISO 1675	±%5	1.004
Eğilme Mukavemeti (MPa)	ISO 0178	±%10	155
Eğilme modülü (GPa)	ISO 0178	±%10	3.5
Kopmadaki uzama (%) - eğilme	ISO 0178	±%10	6
Çekme mukavemeti (MPa)	ISO 0527	±%10	76
Çekme modülü (GPa)	ISO 0527	±%10	3
Kopmadaki uzama (%) - çekme	ISO 0527	±%10	5



Şekil 2. AIREX® ticari köpük modellerinin kesik konfigürasyonları,

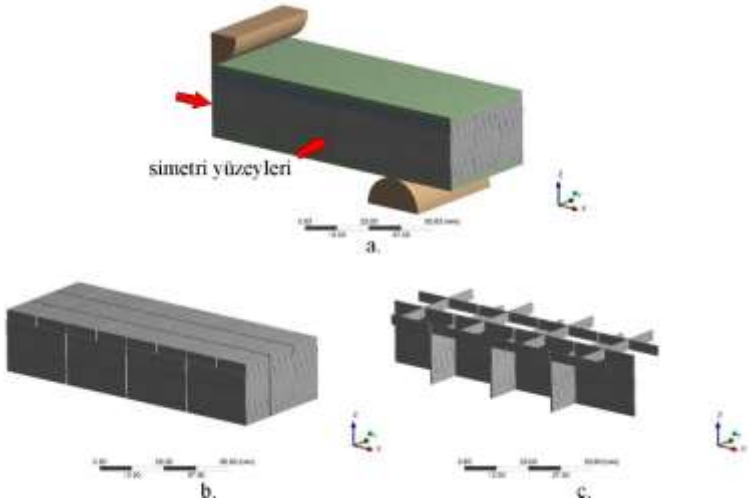
a. Testere kesikli, b. Bıçak kesikli, c. Oluklu kesikli

("Datasheet for Airex C70 PVC Foam,")

Sonlu Elemanlar Analizi

Sandviç kirişlerin sonlu elemanlar analizi ANSYS 16.0 (Workbench, 2015) yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Deneysel hasar yüklerine karşılık gelen sehim değerleri nümerik analizlerde girdi olarak kullanılmıştır. Analizlerde tabaka-çekirdek ayrılma hasarı incelenmemiş, bu yüzden köpük ve yüzey tabakaları arasında yapışık kontak ilişkisi verilmiştir (Mohamed et al., 2015; Sharaf & Fam, 2012; Tuwair et al., 2015). Sandviç kirişler eleman sayısını azaltmak ve çözüm sürelerini kısaltmak için ¼ çeyrek olarak modellenmiştir (bkz. Şekil 3). X ve Y yönlerinde simetri koşulu verilmiştir. Analizlerde kullanılan kiriş boyutları sırasıyla 240x90x30, 360x90x30 ve 540x90x30 mm olarak modellenmiştir. Tablo 4'te modellerin geometrik boyutları ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. PVC köpük ve reçinelerin mekanik özellikleri ürün kataloglarından temin

edilmiştir ("Data sheet for cured Polives 702 Bisphenol-A epoxy Vinylester Resin," ; "Datasheet for Airex C70 PVC Foam,"). Yüzey tabakaların mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Çeyrek modellerde 20 düğüm noktalı Hex-20 altı yüzlü elemanlar ile ağ modeli oluşturulmuştur. 20 düğüm noktalı elemanlar x, y ve z yönlerinde her bir düğüm için öteleme serbestlik derecesine sahiptir. Destek ve basma pimleri ile kirişler arasında kayar temas kontak ilişkisi verilmiştir. Basma pimine sadece Z yönünde öteleme verilmiş, diğer yönlerde ise sabitlenmiştir. Destek pimleri ise üç eksende de sabitlenmiştir. Yüzey tabakalar lineer ortotropik, PVC çekirdek ise çoklu-lineer izotropik sertleşme malzeme modeli kullanılarak tasarlanmıştır (Balikoğlu, Demircioğlu, İnal, & Arslan, 2018; Fatih Balıkoğlu, Yıldız, Demircioğlu, Ataş, & Arslan, 2018; Demircioğlu, Balikoğlu, İnal, Ataş, & Arslan, 2018; Ramanan, 2006). Analizlerde kullanılan ¼ ölçekli modellerin ağ yapıları ile ilgili detaylar Tablo5'te verilmiştir. Nümerik analizlerden doğru sonuçlar elde etmek için modellere en uygun ağ yapısın seçilmesi gerekmektedir. Uygun ağ boyutlarının belirlenmesi için yakınsama analizi yapılmıştır. Kesiksiz köpük içeren sandviç kompozit modelin kaba (5 mm), orta (2.5 mm) ve ince (1 mm) gibi farklı ağ (mesh) boyutlarına sahip üç nümerik analizi gerçekleştirilmiştir. Tablo 6'daki sonuçlardan orta ve ince ağ modelin sonuçları arasında çok az değişim gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra ince ağ boyutu çözüm süresini çok önemli ölçüde arttırmıştır. Bu nedenlerden dolayı maksimum elaman boyutu 2.5 mm olarak belirlenmiştir. Şekil 3'te oluklu kesikli sandviç kirişin çeyrek (1/4) üç boyutlu sonlu elemanlar modeli verilmiştir. Numune isimlerinde TK: testere kesikli, BK: bıçak kesikli, OK: oluklu kesikli, R:kesiksiz (düz) referans sandviç kirişi, 3N ve 4N: üç (3) ve dört (4) nokta eğilme test tipini, 180, 300, 450 sayıları ise testlerin yapıldığı destek mesafelerini temsil etmektedir.



Şekil 3. Oluklu kesikli sandviç kiriş örnek sonlu elemanlar modeli.
a.Tam model b.Köpük model c. Reçine model

Tablo 4. Modellerin geometrik boyutları ve analiz kodu açıklamaları.

Analiz Kodu	Kesik Tipi	Yükleme Tipi	Kesik Kalınlığı (mm)	Destek Mesafesi (mm)	Kiriş Uzunluğu (mm)	Yüzey Tabaka Kalınlığı (mm)	Köpük Kalınlığı (mm)	Genişlik (mm)
TK3N180	Testere	Üç Nokta E.	1.5	180	240±1.5	2.5	25	90±1.5
TK3N300	Testere	Üç Nokta E.	1.5	300	360±1.5	2.5	25	90±1.5
TK3N450	Testere	Üç Nokta E.	1.5	450	540±1.5	2.5	25	90±1.5
TK4N450	Testere	Dört Nokta E.	1.5	450	540±1.5	2.5	25	90±1.5
BK3N180	Bıçak	Üç Nokta E.	0.2	180	240±0.2	2.5	25	90±0.2
BK3N300	Bıçak	Üç Nokta E.	0.2	300	360±0.2	2.5	25	90±0.2
BK3N450	Bıçak	Üç Nokta E.	0.2	450	540±0.2	2.5	25	90±0.2
BK4N450	Bıçak	Dört Nokta E.	0.2	450	540±0.2	2.5	25	90±0.2
OK3N180	Oluklu	Üç Nokta E.	0.7	180	240±0.7	2.5	25	90±0.7
OK3N300	Oluklu	Üç Nokta E.	0.7	300	360±0.7	2.5	25	90±0.7
OK3N450	Oluklu	Üç Nokta E.	0.7	450	540±0.7	2.5	25	90±0.7
OK4N450	Oluklu	Dört Nokta E.	0.7	450	540±0.7	2.5	25	90±0.7
R3N180	Kesiksiz	Üç Nokta E.	-	180	240	2.5	25	90
R3N300	Kesiksiz	Üç Nokta E.	-	300	360	2.5	25	90
R3N450	Kesiksiz	Üç Nokta E.	-	450	540	2.5	25	90
R4N450	Kesiksiz	Dört Nokta E.	-	450	540	2.5	25	90

Tablo 5. Sonlu elemanlar modellerinin ağ yapısı özellikleri.

Analiz Kodu	Düğüm Sayısı	Eleman Sayısı	Eleman Tipi	Min. Eleman Boyutu(mm)	Ağ model Kalitesi Yüzde(%)
TK3N180	193813	43404	Hex20	1.5	99.640
TK3N300	287271	64632	Hex20	1.5	99.357
TK3N450	427833	96564	Hex20	1.5	99.742
TK4N450	429932	97014	Hex20	1.5	99.729
BK3N180	378333	87435	Hex20	0.2	96.229
BK3N300	564437	130887	Hex20	0.2	96.049
BK3N450	843593	196065	Hex20	0.2	95.897
BK4N450	845842	196551	Hex20	0.2	95.893
OK3N180	283604	64674	Hex20	0.7	95.691
OK3N300	422030	96606	Hex20	0.7	95.642
OK3N450	630044	144594	Hex20	0.7	95.591
OK4N450	632143	145044	Hex20	0.7	95.588

R3N180	59016	11754	Hex20	2.5	99.435
R3N300	84648	16938	Hex20	2.5	99.571
R3N450	122946	24678	Hex20	2.5	99.753
R4N450	125045	25128	Hex20	2.5	99.695

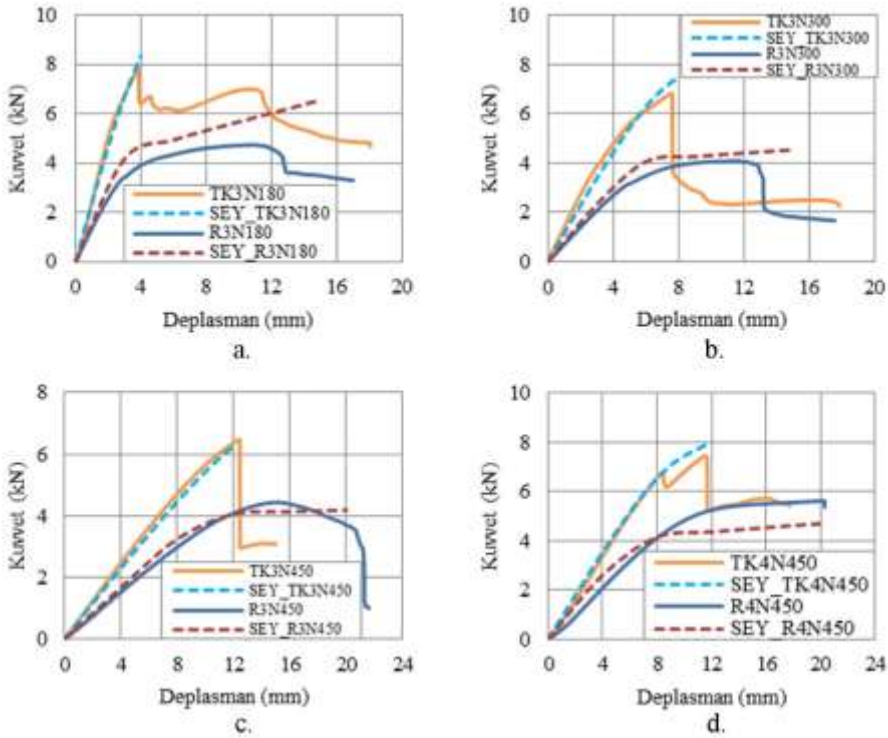
Tablo 6. Ağ boyutu inceltme ve yakınsama analizi sonuçları.

Çözüm Kalitesi	**Ağ Boyutu (mm)**	**Maks.Kayma Gerilme (MPa)**	**Değişim (%)**	**Düğüm Sayısı**	**Eleman Sayısı**	**İşlem Süresi(s)**
1 (Kaba)	5	1.2491	-	11060	1890	18
2 (Orta)	2.5	1.2817	2.61	64863	12960	178
3 (İyi)	1	1.2938	0.95	917120	209250	819

Sonuçlar ve Değerlendirme

Testere kesikli ve kesiksiz (düz) köpük içeren sandviç kirişlerin deneysel ve nümerik sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 4’te testere kesikli ve kesiksiz köpük içeren sandviç kirişlerin deneysel ve nümerik analiz sonuçlarından elde edilen kuvvet-sehim grafikleri verilmiştir. Grafiklerde, sonlu elemanlar yöntemi (SEY) sonuçları kesikli çizgiler ile verilmiştir.



Şekil 4. Testere kesikli ve kesiksiz köpük içeren sandviç kirişlerin deneysel ve nümerik kuvvet-deplasman grafikleri.

Destek Mesafeleri: a.180mm (3nokta) b.300mm (3nokta) c.450mm (3nokta) d.450mm (4nokta)

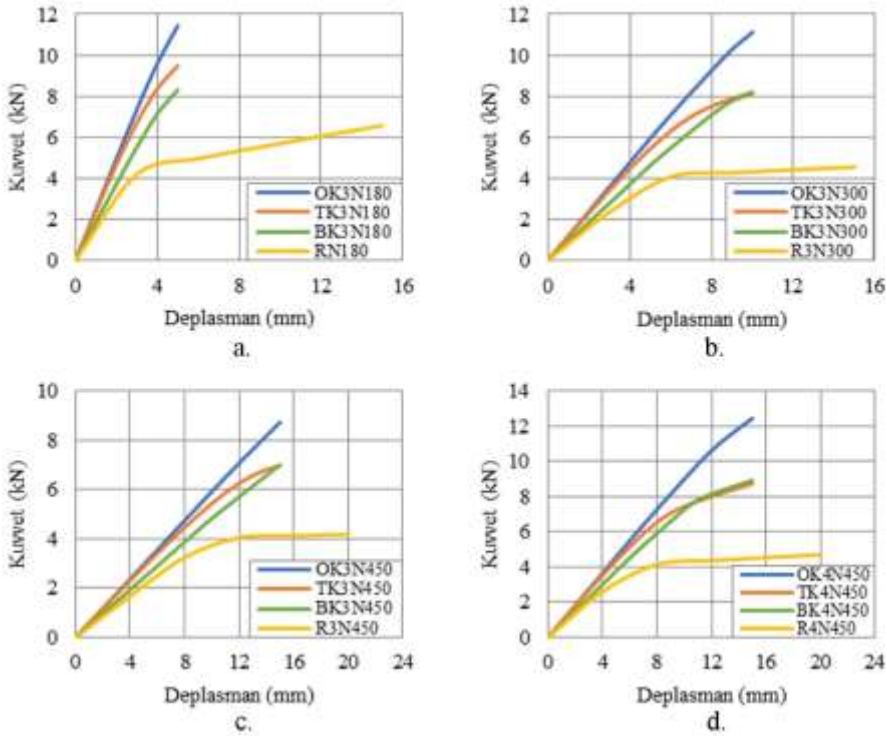
Tablo 7'de testere kesikli ve kesiksiz (düz) köpük çekirdekli sandviç kirişlerin deneysel ve nümerik analizlerden elde edilen rijitlik ve maksimum hasar kuvveti değerleri verilmiştir. Nümerik analiz sonuçlarının deneysel verilerle örtüştüğü görülmektedir (bkz. Şekil 4). Destek mesafesi artışına bağlı olarak kirişlerin rijitlik ve hasar yükleri düşmüştür. Testere-kesikli çekirdek yapı kullanımı mesnet aralığına bağlı olarak kirişlerin rijitlik değerlerinde %39-%92.3, hasar yüklerinde ise %50-%81 oranında artış sağlamıştır. Eğilme performansındaki artışın nedeni olarak, reçine dolgulu kesiklerin, kirişlerin eğilme ve kayma rijitlik değerlerinde önemli miktar artışa neden olduğu söylenebilir. Fakat rijitlik ve dayanım artışına karşılık, testere-kesikli köpük içeren numunelerin son hasar yüküne karşılık gelen sehim değerlerinde ise düşme tespit edilmiştir. Bu sonuç ise reçine dolgulu kesiklerin kirişlerin plastik deformasyon kabiliyetini ve tokluk değerini azalttığını göstermektedir.

Tablo 7. Deneysel ve nümerik analiz sonuçlarının karşılaştırılması.

Analiz Kodu	Rijitlik (kN/mm)			Maksimum Kuvvet (kN)		
	Deneysel	**Nümerik**	**Hata %**	**Deneysel**	**Nümerik**	**Hata %**
TK3N180	2.7	2.3	17%	7.8	8.3	-6%
TK3N300	1.18	1.09	8%	6.8	7.3	-7%
TK3N450	0.57	0.55	4%	6	6.2	-3%
TK4N450	0.83	0.85	-2%	6.55	6.6	-1%
R3N180	1.4	1.32	6%	4.3	6	-21%
R3N300	0.7	0.78	-10%	4.1	4.4	-7%
R3N450	0.41	0.38	8%	4.0	4.1	7%
R4N450	0.52	0.54	-4%	4.12	4.15	-1%

Farklı çekirdek yapısına sahip sandviç kompozit kirişlerin nümerik analiz sonuçları

Kesiksiz ve testere-kesikli köpük içeren numunelerin sonlu eleman analiz sonuçları, deneysel elastik ve plastik davranışları ile tutarlı sonuçlar vermiştir. Bu veriler çalışma kapsamında oluşturulan sonlu elamanlar modelinin çalıştığını göstermiştir. Bu yüzden testere kesikli, bıçak kesikli, oluklu kesikli ve kesiksiz PVC köpük malzemelerden oluşan sandviç kirişlerin farklı destek mesafelerinde eğilme davranışları ANSYS Workbench 16.0 sonlu elemanlar analiz programı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Şekil 5'te sandviç kompozit kirişlerin nümerik kuvvet-deplasman eğrilerinin karşılaştırması yapılmıştır. Tablo 8'de SEY sonuçları: rijitlik ve maksimum hasar yükleri listelenmiştir. Kirişlerin eğilme özellikleri örneğin; hasar yükleri ve rijitlik değerleri mesnet mesafesi artışı ile azalmıştır. Tüm kiriş destek mesafelerinde oluklu-kesik köpük yapının, en yüksek eğilme rijitlik değerine sahip olduğu ve daha fazla yük taşıdığı nümerik neticelerde tespit edilmiştir.



Şekil 5. Sandviç kompozit modellerin nümerik kuvvet-deplasman grafikleri.

Destek Mesafeleri: a.180mm (3nokta) b.300mm (3nokta) c.450mm (3nokta) d.450mm (4nokta)

Tablo 8. Nümerik analiz verilerinin karşılaştırılması.

Analiz Kodu	Rijitlik (kN/mm)	Maks. kuvvet (kN)	Analiz Kodu	Rijitlik (kN/mm)	Maks. kuvvet (kN)
TK3N180	2.27	9.4	OK3N180	2.45	11.44
TK3N300	1.14	8.2	OK3N300	1.18	11.1
TK3N450	0.56	6.9	OK3N450	0.59	8.7
TK4N450	0.89	8.7	OK4N450	0.92	12.4
BK3N180	1.84	8.3	R3N180	1.39	6
BK3N300	0.92	8.1	R3N300	0.78	4.5
BK3N450	0.48	7	R3N450	0.41	4.1
BK4N450	0.75	8.9	R4N450	0.65	4.5

Kaynaklar

Abdi, B., Azwan, S., Abdullah, M., Ayob, A., & Yahya, Y. (2016). Comparison of foam core sandwich panel and through-thickness

polymer pin–reinforced foam core sandwich panel subject to indentation and flatwise compression loadings. *Polymer Composites, 37*(2), 612-619.

Abdi, B., Azwan, S., Abdullah, M., Ayob, A., Yahya, Y., & Xin, L. (2014). Flatwise compression and flexural behavior of foam core and polymer pin-reinforced foam core composite sandwich panels. *International journal of mechanical sciences, 88*, 138-144.

ASTM. (2012). D7078 / D7078M, Standard Test Method for Shear Properties of Composite Materials by V-Notched Rail Shear Method. West Conshohocken, PA, Pennsylvania, USA: ASTM International.

ASTM. (2016a). ASTM C393 / C393M-16, Standard Test Method for Core Shear Properties of Sandwich Constructions by Beam Flexure West Conshohocken, PA: ASTM International.

ASTM. (2016b). ASTM D6641 / D6641M, Standard Test Method for Compressive Properties of Polymer Matrix Composite Materials Using a Combined Loading Compression (CLC) Test Fixture. West Conshohocken, PA.

Balıkoğlu, F., Demircioğlu, T., Yıldız, M., Arslan, N., & Ataş, A. (2018). Mechanical performance of marine sandwich composites subjected to flatwise compression and flexural loading: Effect of resin pins. *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 1099636218792671.

Balikoğlu, F., Demircioğlu, T. K., İnal, O., & Arslan, N. (2018). *FEM Analysis of Flexural Behavior of Grooved Perforated and Web Foamed Marine Sandwich Composite Beams Effects of Core Machining Configuration.* Paper presented at the 21st International Conference on Composite Structures, Bologna/Italy.

Balıkoğlu, F., Yıldız, M., Demircioğlu, T. K., Ataş, A., & Arslan, N. (2018). *Compressive and flexural behaviour of pin reinforced marine composite sandwich beams.* Paper presented at the IV. International Ege Composite Materials Symposium (KOMPEGE 2018), İzmir/Turkey.

Borsellino, C., Calabrese, L., & Valenza, A. (2004). Experimental and numerical evaluation of sandwich composite structures. *Composites Science and Technology, 64*(10-11), 1709-1715.

Chen, J., Fang, H., Liu, W., Qi, Y., & Zhu, L. (2018). Experimental and Numerical Analysis of Nonlinear Flexural Behaviour of Lattice-Web Reinforced Foam Core Composite Sandwich Panels. *Advances in Civil Engineering, 2018*.

Dai, J., & Hahn, H. T. (2003). Flexural behavior of sandwich beams fabricated by vacuum-assisted resin transfer molding. *Composite structures, 61*(3), 247-253.

Dai, J., Pellaton, D., & Hahn, H. (2003). A comparative study of vacuum-assisted resin transfer molding (VARTM) for sandwich panels. *Polymer Composites, 24*(6), 672-685.

Daniel, I. M., & Abot, J. L. (2000). Fabrication, testing and analysis of composite sandwich beams. *Composites Science and Technology, 60*(12-13), 2455-2463.

Data sheet for cured Polives 702 Bisphenol-A epoxy Vinylester Resin. Retrieved 26.11.2018, 2018, from http://www.plasto.com.tr/files/upload/files/POLIVES%20702.pdf

Datasheet for Airex C70 PVC Foam. Retrieved 15.01.2018, 2018, from http://www.airexbaltekbanova.com/airex-c70-pvc-foam.html

Demircioğlu, T. K., Balikoğlu, F., İnal, O., Ataş, A., & Arslan, N. (2018). *Flexural Behaviour of Balanced and Unbalanced Marine Sandwich Beams with Different Span to Depth Ratios:Experimental and Numerical Study.* Paper presented at the 21st International Conference on Composite Structures, Bologna/Italy.

Fang, H., Liu, W., Lu, W., & Wan, L. (2010). Flexural properties of grooved perforation sandwich composites. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed., 25*(4), 583-587.

Fathi, A., Wolff-Fabris, F., Altstädt, V., & Gätzi, R. (2013). An investigation on the flexural properties of balsa and polymer foam core sandwich structures: Influence of core type and contour finishing options. *Journal of Sandwich Structures & Materials, 15*(5), 487-508.

Ferdous, W., Manalo, A., & Aravinthan, T. (2017). Effect of beam orientation on the static behaviour of phenolic core sandwich composites with different shear span-to-depth ratios. *Composite structures, 168*, 292-304.

Graham-Jones, J., & Summerscales, J. (2015). *Marine applications of advanced fibre-reinforced composites*: Woodhead Publishing.

Halimi, F., Golzar, M., Asadi, P., & Beheshty, M. (2013). Core modifications of sandwich panels fabricated by vacuum-assisted resin transfer molding. *Journal of Composite Materials, 47*(15), 1853-1863.

ISO. (1998). International Standard, ISO 14125, Fibre-reinforced plastic composites – determination of flexural properties.

ISO. (2012). Plastics – ISO 527-1-determination of tensile properties – part 1: General principles: International Standard.

Jhan, Y.-T., Lee, Y.-J., & Chung, C.-H. (2011). Resin flowing analysis in sandwich laminates under VARTM process. *Journal of reinforced plastics and composites, 30*(6), 533-545.

Jhan, Y.-T., Lee, Y.-J., & Chung, C.-H. (2012). Experimental and numerical investigation of the VARTM process with a sandwich structure. *Journal of Composite Materials, 46*(12), 1417-1430.

Juliyana, M., & Krishnan, R. S. (2018). Experimental and simulation of split semi-torus key in PVC foam core to improve the debonding resistance of composite sandwich panel. *Materials Research Express, 5*(2), 025307.

Laustsen, S., Lund, E., Kühlmeier, L., & Thomsen, O. T. (2014). Failure behaviour of grid-scored foam cored composite sandwich panels for wind turbine blades subjected to realistic multiaxial loading conditions. *Journal of Sandwich Structures & Materials, 16*(5), 481-510.

M-06, A. D. D. (2006). Standard test method for facing properties of sandwich constructions by long beam flexure. *West Conshohocken, PA*, 19428-12959.

Manalo, A., Aravinthan, T., Karunasena, W., & Islam, M. (2010). Flexural behaviour of structural fibre composite sandwich beams in flatwise and edgewise positions. *Composite structures, 92*(4), 984-995.

Mathieson, H., & Fam, A. (2015). In-plane bending and failure mechanism of sandwich beams with GFRP skins and soft polyurethane foam core. *Journal of Composites for Construction, 20*(1), 04015020.

May-Pat, A., Aviles, F., & Aguilar, J. (2011). Mechanical properties of sandwich panels with perforated foam cores. *Journal of Sandwich Structures & Materials, 13*(4), 427-444.

Mitra, N. (2010). A methodology for improving shear performance of marine grade sandwich composites: sandwich composite panel with shear key. *Composite structures, 92*(5), 1065-1072.

Mitra, N., & Raja, B. (2012). Improving delamination resistance capacity of sandwich composite columns with initial face/core debond. *Composites Part B: Engineering, 43*(3), 1604-1612.

Mohamed, M., Anandan, S., Huo, Z., Birman, V., Volz, J., & Chandrashekhara, K. (2015). Manufacturing and characterization of polyurethane based sandwich composite structures. *Composite structures, 123*, 169-179.

Mostafa, A. (2015). Numerical analysis on the effect of shear keys pitch on the shear performance of foamed sandwich panels. *Engineering Structures, 101*, 216-232.

Mostafa, A. (2019). Experimental and numerical investigation on enhancing the structural integrity of composite sandwich structure. *Advances in Structural Engineering*, 1369433219836177.

Mostafa, A., Shankar, K., & Morozov, E. (2013a). Effect of shear keys diameter on the shear performance of composite sandwich panel with PVC and PU foam core: FE study. *Composite structures, 102*, 90-100.

Mostafa, A., Shankar, K., & Morozov, E. (2013b). Influence of shear keys orientation on the shear performance of composite sandwich panel with PVC foam core: numerical study. *Materials & Design, 51*, 1008-1017.

Mostafa, A., Shankar, K., & Morozov, E. (2014). Experimental, theoretical and numerical investigation of the flexural behaviour of the composite sandwich panels with PVC foam core. *Applied Composite Materials, 21*(4), 661-675.

Mostafa, A., Shankar, K., & Morozov, E. (2015). Behaviour of PU-foam/glass-fibre composite sandwich panels under flexural static load. *Materials and Structures, 48*(5), 1545-1559.

Mouritz, A., Gellert, E., Burchill, P., & Challis, K. (2001). Review of advanced composite structures for naval ships and submarines. *Composite structures, 53*(1), 21-42.

Mouritz, A., & Thomson, R. (1999). Compression, flexure and shear properties of a sandwich composite containing defects. *Composite structures, 44*(4), 263-278.

Pemberton, R., Summerscales, J., & Graham-Jones, J. (2018). *Marine Composites: Design and Performance*: Woodhead Publishing.

Qi, Y., Fang, H., & Liu, W. (2016). Experimental Study of the Bending Properties and Deformation Analysis of Web-Reinforced Composite Sandwich Floor Slabs with Four Simply Supported Edges. *PloS one, 11*(2), e0149103.

Ramanan, L. (2006). *Simulation of non-linear analysis in ANSYS.* Paper presented at the ANSYS India Users Conference.

Russo, A., & Zuccarello, B. (2007). Experimental and numerical evaluation of the mechanical behaviour of GFRP sandwich panels. *Composite structures, 81*(4), 575-586.

Sharaf, T., & Fam, A. (2012). Numerical modelling of sandwich panels with soft core and different rib configurations. *Journal of reinforced plastics and composites, 31*(11), 771-784.

Truxel, A., Aviles, F., Carlsson, L., Grenestedt, J., & Millay, K. (2006). Influence of face/core interface on debond toughness of foam and balsa cored sandwich. *Journal of Sandwich Structures & Materials, 8*(3), 237-258.

Tuwair, H., Hopkins, M., Volz, J., ElGawady, M. A., Mohamed, M., Chandrashekhara, K., & Birman, V. (2015). Evaluation of sandwich panels with various polyurethane foam-cores and ribs. *Composites Part B: Engineering, 79*, 262-276.

Umer, R., Waggy, E., Haq, M., & Loos, A. (2012). Experimental and numerical characterizations of flexural behavior of VARTM-infused composite sandwich structures. *Journal of reinforced plastics and composites, 31*(2), 67-76.

Vinson, J. R. (1999). *The behavior of sandwich structures of isotropic and composite materials*: CRC Press.

Wang, L., Liu, W., Wan, L., Fang, H., & Hui, D. (2014). Mechanical performance of foam-filled lattice composite panels in four-point bending: Experimental investigation and analytical modeling. *Composites Part B: Engineering, 67*, 270-279.

Workbench, A. (2015). Release 16.0, ANSYS. *Inc., Canonsburg, USA*.

Wu, Z., Liu, W., Wang, L., Fang, H., & Hui, D. (2014). Theoretical and experimental study of foam-filled lattice composite panels under quasi-static compression loading. *Composites Part B: Engineering, 60*, 329-340.

Yokozeki, T., & Iwamoto, K. (2016). Effects of core machining configuration on the debonding toughness of foam core sandwich panels. *Advanced Composite Materials, 25*(1), 45-58.

Zenkert, D. (2009). Damage tolerance of naval sandwich panels *Major Accomplishments in Composite Materials and Sandwich Structures* (pp. 279-303): Springer.

ANKARA-KIZILCAHAMAM TARİHİ KAYA OYMA YAPILARININ FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Pelin YAVUZ[*],
[*]*Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye*
E-mail: pelinyavuz@hotmail.com
Hüseyin Yılmaz ARUNTAŞ[**]
[**]*Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye*
E-mail: aruntaş@gazi.edu.tr

Özet: Tarihi yapılar, ait oldukları dönemin mimari, sosyal, ekonomik ve kültürel özellikleri ile bulundukları coğrafyanın yapısını günümüze aktaran eserlerdir. Çeşitli nedenlerle bozulmaya uğrayan tarihi yapıların korunması için yapım tekniklerinin ve özgün malzeme özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Böylece hem yapının koruma yöntemi belirlenmiş hem de onarımda kullanılacak yeni malzemenin özgün malzemeye uyumlu olacak şekilde tasarlanması mümkün olacaktır. Bu çalışmanın amacı, Ankara Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu kararı ile 1. derece arkeolojik sit alanı olarak tescillenen Kızılcahamam ilçesine bağlı Mahkemeağcin köyü tarihi kaya oyma yapılarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırmaktır. Çalışmada ilk olarak, kaya oyma yapıların yapım teknikleri, özellikleri ve mevzuattaki yerine değinilmiştir. İkinci olarak Mahkemeağcin köyü, konumu ve jeolojik geçmişi ile köyde yer alan yapılar anlatılmıştır. Ardından tarihi kaya oyma yapıların genel özelliklerini yansıtacak şekilde random yöntemi ile 8 adet numune alınmıştır. Alınan numuneler üzerinde fiziksel ve kimyasal deneyler yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda numunelerin birim hacim ağırlık, gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, açık gözeneklilik, porozite, kompasite, doğal nem, su emme oranı gibi fiziksel özellikleri ile kimyasal kompozisyon, tuz ve iletkenlik gibi kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kızılcahamam, kaya oyma yapılar, fiziksel ve kimyasal özellikler

INVESTIGATION OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF HISTORICAL ROCK-CUT STRUCTURES OF ANKARA-KIZILCAHAMAM

Abstract: Historic buildings are artefacts transferring the architectural, social, economic and cultural features of the period they belong to and the structure of the geography where they are located to the present day. Construction techniques and specific material properties should be known in order to protect historic structures that are worn due to various reasons. Thus, it is possible both to determine the protection method of the structure and to design the new material to be used in the restoration in a way to be compatible with the original material. The aim of this study is to examine the physical and chemical properties of historic rock-cut structures, located at the Mahkemeagcin village of Kızılcahamam, that were registered as 1st degree archaeological site with the decree of Ankara Cultural and Natural Heritage Conservation Board. In the study, first of all, the rock-cut structures' construction techniques, characteristics and place in legal regulations are addressed. Secondly, the Mahkemeagcin village, its location, geological history and the structures in the village are explained. Then, 8 samples have been randomly selected to reflect the general characteristics of historic rock-cut structures. Physical

and chemical experiments were performed on the samples collected. As a result of the studies, physical properties of the samples such as unit bulk density, real density, apparent density, open porosity, porosity, compactness, natural moisture and water absorption rate, and chemical properties such as chemical composition, salinity and conductivity have been determined.

Key Words: Kızılcahamam, rock-cut structures, physical and chemical properties

1. Giriş

İnsanoğlu tarih boyunca beslenme, barınma, korunma vb. temel ihtiyaçlarını akılcı çözümler ile karşılamıştır. Tüm canlılar için hayati öneme sahip olan bu ihtiyaçlar, tarihin ilk dönemlerinde doğanın sunduğu imkânlarla kısıtlı kalmış ve beraberinde insanların çeşitli beceriler geliştirmelerini sağlamıştır. Tarih öncesi çağlarda insanlar doğada bulunan bitki ve hayvanların tüketimini temel alan avcı-toplayıcı yaşam tarzını benimsemiştir. İnsanlar, iklim koşullarından ve hayvanlardan korunmak amacıyla ortaya çıkan barınma ihtiyacını ise ağaç kovuklarında, mağaralarda ve çukurlarda oluşturulan geçici barınaklar ile karşılamıştır [1]. İnsanoğlu sonraları doğada gördüğü mağara yapılarına benzer "kaya oyma yapılar" oluşturmaya başlamıştır [2]. Buzul çağın sona ermesiyle birlikte verimli topraklar aramak amacıyla mağaralardan su kenarlarına göç edilerek tarım ve hayvancılığa başlanmıştır. Doğal olarak bu göçler kalıcı barınak ihtiyacını ortaya çıkarmış ve bu amaçla ilk olarak yakın çevrede bulunan orman ürünleri, çeşitli bitkiler, toplama taşlar vb. yerel malzemeler kullanılmıştır [3].

Geçmişten günümüze ulaşan tarihi yapılar ait oldukları dönemin mimari, sosyal, ekonomik ve kültürel özellikleri ile bulundukları coğrafyanın yapısını günümüze aktarmaktadır. Bu yapılar, yapıldıkları dönemden itibaren çeşitli nedenlerle bozulmaya uğramışlardır. Tarihi yapıların korunma yöntemlerinin belirlenmesi ve/veya onarılması durumunda uygun yeni malzeme seçimi için yapım tekniklerinin ve özgün malzeme özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Anadolu toprakları barındırdığı kültür ve tabiat varlıkları ile önemli bir turizm potansiyeline sahiptir. Bu potansiyelin geliştirilmesinin yerel halkın kalkınmasında etkin rol oynayacağı düşünülmektedir. Türkiye turizm hedefleri kapsamında 2014-2023 Ankara Bölge Planı'na göre; Ankara ili Kızılcahamam ilçesi, tarihi ve kültürel zenginliklerin yanı sıra doğal ve beşeri şartların sunduğu kaynakları ile önemli bir potansiyele sahiptir. Bölgenin koruma, tanıtma, bilgilendirme ve farkındalık yaratma çalışmalarının yapılarak Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) Dünya Mirasları Statüsü alması amaçlanmaktadır [4]. Kızılcahamam ilçesi; Gelin Kayası, Mahkemeağcin Yeraltı Yerleşmesi, Bazalt Sütunları, Fosil Ağaç, Abacı Peribacaları, Antik Yerleşmeler

Kalıntıları ve Kızık Fayı vb. gibi kültürel, tarihi ve jeolojik unsurları ile öne çıkmaktadır [5].

2008 yılında Türkiye'nin ilk jeopark projesi olma özelliğini taşıyan Kızılcahamam-Çamlıdere Jeopark Projesi; Ankara Üniversitesi ve Jeolojik Mirası Koruma Derneği (JEMİRKO) öncülüğünde, kamu kurumlarının katkılarıyla hazırlanmıştır. Bölgede yer alan jeolojik unsurların korunmasını ve turizme kazandırılmasını amaçlayan proje 2000 km^2'lik alanı kapsamakta olup projenin ana teması; volkanizma, paleocoğrafya ve aşındırma yer şekilleridir [6]. Projenin 23 jeosit durağından biri olan Mahkemeağcin köyü, Ankara Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun 12.11.1991 tarih ve 2058 sayılı kararı ile 1. derece arkeolojik sit alanı olarak tescillenmiştir. Köy kaya oyma yapıları ile dikkat çekmektedir [7].

Kaya oyma yapılar, geleneksel yapım yönteminden farklı olarak masif bir kayanın oyulması ve içerisinde mekân oluşturulması esasına dayanmaktadır. Mekânlar oluşturulurken kaya oyma yapının planı kayanın davranışına (doğal boşluk, çatlak, çöküntü vb.) göre şekillenmektedir [2]. Kaya oyma mekânların oluşturulmasında en büyük etken çevrede kolay oyulabilir özellikte kayaların bulunmasıdır. Doğal mağara oluşumları bu gruba girmemektedir [8]. İnsanoğlu kaya oyma mekânları gereksinimlerine göre zamanla geliştirerek içeriye doğru ilerlemeye başlamış, ikinci ve üçüncü odaları oymuş, ardından aşağı veya yukarı ilerleyerek kaya oyma yapıda katları oluşturmuştur. Kaya oyma mimaride yapının taşıyıcı elemanları; duvarlar, zemin ve yapının üst örtüsü olup yapıda kullanılan malzeme, oyulan kayacın kendisidir [9].

Türkiye'de ve dünyada tarihi kaya oyma yapılar koruma altına alınmaktadır. Bu yapılardan bazıları, yapının bulunduğu bölgedeki insanlar tarafından konut olarak kullanılırken, diğerleri otel, restoran vb. hizmetler amacıyla kullanılmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 18.10.2017 tarih ve 30214 sayılı Resmi Gazete'de 01.01.2018 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere "Kayadan Oyma Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik" yayımlamıştır [10]. Bu yönetmelikle birlikte mevcut kaya oyma yapıların güçlendirilmesi ve yeni yapılacak kaya oyma yapıların tasarımı ile ilgili problemlerin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Yönetmelikte 21.07.1983 tarih ve 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu kapsamına giren alanlar için adı geçen kanun hükümlerine tâbi olunduğu belirtilmektedir.

Dünyanın çeşitli bölgelerinde karşılaştığımız kaya oyma yapıların ülkemiz topraklarında yer alan en etkileyici örneklerine Kapadokya bölgesinde rastlanmaktadır. Ayrıca Konya Sille'de ve Kilistra Antik

Kenti'nde, Bayburt Aydıntepe'de, Afyon'un kuzeyinde yer alan Ayazin'de, Karaman Manazan'da ve Ermenek Gökçeseki'de kaya oyma yapılar bulunmaktadır [2]. Dünyada ise mezar, ibadethane, konut gibi çeşitli kullanım amaçları ile oluşturulan (Mısır, Kıbrıs, İtalya, İran, Hindistan, Ürdün, İspanya, Çin, Etiyopya vb.) kaya oyma yapılara rastlanmaktadır [11].

Literatürde kaya oyma yapılarla ilgili az sayıda yayına rastlanmaktadır. Yapılan çalışmalarda kaya oyma yapıların benzerleri ile kıyaslandığı, mimari özelliklerinin ve bozulma süreçlerinin araştırıldığı görülmektedir [12, 13].

Bu çalışmada, Mahkemeağcin köyü tarihi kaya oyma yapılarının fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu çalışma devam eden bir araştırmanın ön bilgilerini içermektedir.

2. Çalışma Sahası ve Yöntem

2.1. Çalışma Sahası

Bu araştırmanın çalışma sahası, Ankara-Kızılcahamam ilçesi Mahkemeağcin köyü kaya oyma yapılarıdır. Mahkemeağcin köyü; Ankara-Kızılcahamam ilçesine 18 km uzaklıkta yer almaktadır. Köy İç Anadolu ile Karadeniz bölgeleri arasında geçiş konumunda olup iklim, bitki örtüsü ve arazi yapısı özellikleri bakımından her iki bölgenin de özelliklerini taşımaktadır [14]. TÜİK, Mahkemeağcin köyünün 2016 yılı nüfusunu 55 kişi olarak vermektedir [15]. Mahkemeağcin köyünün Türkiye'deki yeri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1. Mahkemeağcin köyünün Türkiye'deki yeri

Mahkemeağcin köyüne yerleşen ilk topluluğun Roma İmparatorluğu'nun baskısından kaçan Hristiyanlar olduğu düşünülmektedir. Yerleşimin ne zaman başladığına dair kesin bir bilgi bulunmamaktadır [16]. Kaya oyma yapılar, Mahkemeağcin köyünde bulunan dört katlı bir yeraltı şehrinin kalıntılarıdır [6]. Bu yapılardan bazılarını gösteren bir fotoğraf Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2. Mahkemeağcin köyünde yer alan kaya oyma yapılardan bazıları [17]

Mahkemeağcin köyü çevresinin yeryüzü şekillerini anlamak için jeolojik geçmişi incelendiğinde, birçok kez volkanizma meydana geldiği görülmektedir. Bölge Kızılcahamam volkanikleri ya da Köroğlu volkanikleri olarak da adlandırılan Galatya volkanik alanında yer alır ve Anadolu'daki dört ana volkanik alandan biridir. Galatya volkanikleri, Anadolu'nun kuzeybatısında 12.500 km^2'lik bir alanı kaplamaktadır. Volkanikler, kuzeyde Işıkdağ ve Köroğlu dağları ile yüksek zirveler oluştururken güneyde bir örtü gibi bölgeyi kaplamaktadır. Galatya volkaniklerinin özelliklerinden biri tipik bir püskürme merkezinin bulunmamasıdır [6].

2.2. Yöntem

Çalışma kapsamında, ilk olarak Mahkemeağcin köyü kaya oyma yapılarında inceleme yapabilmek için ilgili kurum olan T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı'ndan resmi izin yazısı alınmıştır. Daha sonra Mahkemeağcin köyündeki kaya oyma yapılara, adı geçen bakanlığın uzmanları eşliğinde gidilerek yapılara hasar vermeden dikkatli bir şekilde 8 adet numune alınmıştır. Kaya oyma yapı yüzeyleri zayıf yapılı ve kolay dağılan özellikte olması sebebiyle numune alırken herhangi bir alet kullanılmamıştır. Ardından iç içe 2 adet kilitli torba içine konulan ve kodlanan numuneler deney gününe kadar laboratuvar ortamında saklanmıştır.

Kaya oyma yapılardan alınan numuneler üzerinde fiziksel ve kimyasal deneyler yapılmıştır. Numunelerin birim hacim ağırlık, gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, açık gözeneklilik, doğal nem ve su emme değerleri Sistem Jeoteknik Mühendislik laboratuvarında yapılan fiziksel deneyler ile belirlenirken, porozite ve kompasite değerleri hesap yöntemiyle bulunmuştur [18, 19, 20].

Numunelerin tuz ve iletkenlik analizi gibi kimyasal özellikleri T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı'na bağlı Ankara Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarında belirlenmiştir. Numunelerin kimyasal kompozisyonu ise X-ışını floresans spektrometresi (XRF) yöntemi ile Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)'nde tespit edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çalışma Sahası Gözlemleri

Mahkemeağcin köyünde yer alan kaya oyma yapılan incelendiğinde, çeşitli bozulmalar meydana geldiği görülmektedir. Bu bozulmalar, kayaların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mineralojik bileşimine bağlı olarak gelişmektedir. Kaya oyma yapıların bir bölümünün duvar ve tavan yüzeylerinde kirli kabuk oluşumu tespit edilmiştir. Konu ile ilgili olarak köy muhtarı, bu yapıların uzun süre ahır ve depo olarak kullanıldığını ve içlerinde ateş yakıldığını ifade etmiştir. Bu bilgiden hareketle yapılardaki kirli kabuk oluşumunun içinde ateş yakılmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

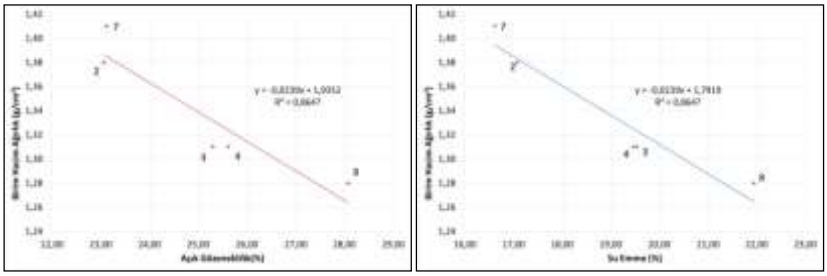
Ayrıca kaya oyma yapıların yüzeyinde bitkisel organizma tahribatları (yosun, ot oluşumu), hayvanların neden olduğu bazı tahribatlar ve insanların ahır ve depo olarak kullanımı sırasında bilinçsiz müdahalelerinden meydana gelen tahribatlar görülmüştür.

Açıkta bulunan kaya oyma yapılardan bazılarında büyük çatlaklar oluştuğu, bazılarının önüne ise büyük kaya kütlelerinin yerinden koparak düştüğü gözlenmiştir. Bu durumun kayanın; yoğunluğu, boşluk oranı, geçirimliliği, yapısındaki su miktarı, donma-çözülme olayları, erozyona neden olan şiddetli rüzgârlar ve deprem etkisiyle gerçekleştiği düşünülmektedir. Mahkemeağcin köyünde yer alan kaya oyma yapılardaki tahribatların da görüldüğü bazı fotoğraflar Şekil 3'te görülmektedir.

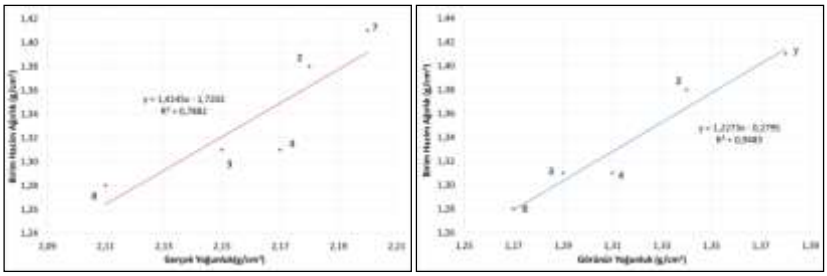
Şekil 3. Mahkemeağcin köyünde yer alan kaya oyma yapılardan görüntüler

3.2. Fiziksel Analizler

Mahkemeağcin köyü kaya oyma yapılarından alınan numuneler üzerinde yapılan fiziksel deneylerden elde edilen sonuçlara göre; numunelerin birim hacim ağırlıkları 1.28~1.41 g/cm^3, gerçek yoğunlukları 2.11~2.20 g/cm^3 ve görünür yoğunlukları 1.27~1.38 g/cm^3 arasında değişmektedir. Ayrıca; açık gözenekliliklerinin % 23.06~28.08, porozitelerinin % 37.02~40.03, kompasitelerinin % 59.97~62.98, doğal nem içeriklerinin % 0.5~2.2 ve su emme değerlerinin % 16.62~21.95 arasında değiştiği görülmektedir.



(a) (b)



(c) (d)

Şekil 4. Numunelerin (a) birim hacim ağırlık-açık gözeneklilik, (b) birim hacim ağırlık-su emme, (c) birim hacim ağırlık-gerçek yoğunluk, (d) birim hacim ağırlık-görünür yoğunluk grafikleri

Elde edilen sonuçlar ve Şekil 4'te gösterilen grafiklere göre; numuneler düşük birim hacim ağırlığa ve yüksek gözenekliliğe sahip olduğu görülmektedir. Numunelerin yüksek su emme değerlerine sahip olması, yüksek açık gözeneklilik değerleri ile açıklanabilir. Ayrıca numunelerin yüksek porozite oranından ileri gelen zayıf yapıda olduğu görüşü, numunelerin alımında gözlenen kolay dağılan yüzey yapısı ile örtüşmektedir.

3.3. Kimyasal Analizler

Kaya oyma yapılara ait numunelerin tuz ve iletkenlik analizleri yapılmış, yapılan klorür, sülfat ve nitrat tuzlarının analiz sonuçları göreceli olarak Çizelge 1'de verilmiştir. Numunede tespit edilen tuz miktarları, çizelgede (+) ve (–) ile ifade edilerek miktar arttıkça (+) sayısı da arttırılmıştır.

Çizelge 1. Numunelerinin tuz analizi sonuçları

Numune no	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-
1	++++	++	+++
2	++	++	++
3	++	+	+
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
7	+	+	+++
8	++	+	++
-: Yok; ±: Var-Yok; +: Az var; ++: Var; +++: Fazla var; ++++: Çok Fazla var			

Toplam tuz miktarlarının kaya oyma yapılardan alınan 4, 5 ve 6 nolu numunelerde 21~56 µs aralığında, 2, 3, 7 ve 8 nolu numunelerde 248~487 µs aralığında, 1 nolu numunede ise 907 µs değerinde olduğu tespit edilmiştir. İletkenlik değerleri ise 4, 5 ve 6 nolu numunelerde % 0.1~0.3 aralığında, 2, 3, 7 ve 8 nolu numunelerde % 1.4~2.7 aralığında, 1 nolu numunede ise %5.0 oranında olduğu görülmüştür. Bu sonuçlardan numunelerdeki tuz ve iletkenlik değerleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu; tuz miktarı arttıkça iletkenlik değerinin de arttığı tespit edilmiştir.

Mahkemeağcin köyü kaya oyma yapılarından alınan numunelerin kimyasal kompozisyonlarını gösteren analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Numunelerinin oksit içerikleri

Element (%)	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4	Numune 5	Numune 6	Numune 7	Numune 8
SiO_2	66.33	68.18	67.59	71.13	71.48	72.10	63.56	68.55
Al_2O_3	8.79	10.27	9.45	10.75	11.06	11.29	10.67	10.00
Fe_2O_3	1.92	2.00	2.11	1.81	2.09	2.16	2.58	2.20
S+A+F	77.04	80.45	79.15	83.69	84.63	85.55	76.81	80.75
CaO	2.71	1.83	2.22	1.73	1.54	1.92	2.89	1.74
Na_2O	1.79	1.88	1.82	2.11	1.86	1.97	1.60	1.97
K_2O	4.36	4.91	4.43	4.57	4.62	4.42	3.67	4.22
MgO	1.94	1.20	1.70	1.16	1.18	0.72	2.25	1.01
SO_3	0.65	0.82	0.31	0.64	0.26	0.42	2.03	0.34
P_2O_5	0.11	0.14	0.14	0.13	0.15	0.13	0.21	0.13
Cl	0.91	0.39	1.24	0.13	0.02	0.05	0.23	0.45
TiO_2	0.23	0.24	0.26	0.22	0.24	0.25	0.33	0.26
V_2O_5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MnO	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05
LOI	10.73	8.83	8.67	5.83	5.82	4.87	9.73	9.52

Kaya oyma yapılardan alınan numunelerin kimyasal analiz sonuçlarına göre, numunelerde en çok rastlanan oksit SiO_2 olmakla birlikte numunelerde bulunma oranı % 63.56~72.10 arasında değişmektedir. Diğer taraftan numunelerdeki SiO_2, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 toplamı ise % 76.81~85.55 arasında değişmektedir. Numunelerin kızdırma kaybı (LOI) değerleri ise % 4.87~10.73 arasında değişmektedir.

Mahkemeağcin köyü volkanik bir bölgede yer almakta olup bölge kayaçlarının tüf olduğu bilinmektedir [6]. Volkanik kökenli olan tüfler puzolanik malzeme grubunda yer almaktadır [21]. Kaya oyma yapı numunelerinin kimyasal analizlerinden elde edilen sonuç, volkanik kökenli

kayaçların oksit analizi ile benzerlik göstermektedir. Bu sonuç doğrultusunda kaya oyma yapılara ait numunelerin puzolanik malzeme grubunda olduğu ifade edilebilir.

4. Sonuçlar

Mahkemeağcin köyü kaya oyma yapılarından alınan numunelerin fiziksel ve kimyasal analizlerinden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Kaya oyma yapılardan alınan numuneler düşük birim hacim ağırlık ile yüksek gözeneklilik ve yüksek su emme değerlerine sahiptir.
- Kaya oyma yapılardan numunelerin alınması sırasında, kayacın kolay dağılan yapıda olduğu gözlenmiştir.
- Kaya oyma yapılardan alınan numunelerin tuz ve iletkenlik değerleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.
- Kaya oyma yapılardan alınan numunelerin SiO_2, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 toplamının %70'ten fazla olması nedeniyle puzolanik malzeme olabileceği düşünülmektedir.
- Kaya oyma yapıların uzun süre ahır ve depo olarak kullanılmasının da etkisiyle çeşitli bozulmalar meydana geldiği ve yapılarda büyük çatlaklar ile kaya düşmeleri görülmüştür.
- Kaya oyma yapılarda meydana gelen bozulmaların köyde yasayanlar ve köyü ziyarete gelenler için güvenlik tehdidi oluşturduğu düşünülmektedir.

Teşekkür

Yazarlar; gerekli yasal izinleri sağlayan T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Ankara 1 Numaralı Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu'na, laboratuvar çalışmalarına destek veren Sistem Jeoteknik Mühendislik'e, Ankara Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğü'ne, Ankara Üniversitesi YEBİM'e ve YEBİM müdürü Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU'na teşekkür ederler.

Kaynaklar

[1] Arslantaş Y., "Paleolitik ve Mezolitik (Epi-Paleolitik) Çağ'da barınma", *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24 (2): 319-343, (2014).
[2] Pekin F., "Kapadokya kayalardaki şiirsellik gezi rehberi", *İletişim Yayıncılık A.Ş.*, İstanbul, (2014).
[3] Akman M. S., "Yapı malzemelerinin tarihsel gelişimi", *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 4 (426): 30-36, (2003).
[4] Ankara Kalkınma Ajansı, "*Ankara Bölge Planı 2014-2023", Ankara:*

Ankara Kalkınma Ajansı, Ankara, 2015.
[5] Usta N. ve Zaman M., "Kızılcahamam ilçesinin turizm potansiyeli ve geliştirilmesi", *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(34): 1-24, (2015).
[6] Kazancı N. and Suludere Y., "70th Geological congress of Turkey fieldtrip to Kızılcahamam-Çamlıdere geopark project guidebook", *UCTEA Chamber of Geological Engineers*, Ankara, Turkey, (2017).
[7] T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu. "Ankara ili kültür envanter listesi", http://www.korumakurullari.gov.tr/Eklenti/41321,ankara-envanter.pdf?0. Erişim tarihi:11.12.2018.
[8] Özata Ş., "*Kapadokya bölgesi kaya oyma yapı sorunları ve çözüm önerileri", Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2015).
[9] Öztürk F. G., "Kapadokya'da dünden bugüne kaya oymacılığı", *Arkeoloji ve Sanat Yayınları*, İstanbul, 2009.
[10] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. "Kayadan Oyma Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik", (2017).
[11] Ching F. D. K., Jarzombek M. M. and Prakash V. "A global history of architecture (Second edition)", *Wiley & Sons*, New York, (2011).
[12] Buyruk H., "Bulancak Acısu kaya kilisesi", *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7 (34): 443-455, (2014).
[13] De Pascale A., "Sille, Mahkemeağcin e Yeşilöz: tre aree con cavita artificiali nella Turchia centrale", *Opera Ipogea Journal of Speleology in Artifical Cavities*, (2): 27-42, (2010).
[14] Usta N., "*Kızılcahamam İlçesinin Turizm Coğrafyası", Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, (2015).
[15] TÜİK. "2016 adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları", https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95%20&locale=tr. Erişim tarihi: 11.12.2018.
[16] Kızılcahamam Belediyesi, "Kızılcahamam", *Altan Matbaacılık*, Ankara, (2014).
[17] Mahkemeağcin Köyü Mağaraları, https://www.youtube.com/watch?v=TKGgNd3oeiA, Erişim tarihi: 11.12.2018.
[18] TS EN 1936, "Doğal taşlar-Deney metotları-Gerçek yoğunluk, görünüryoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini", (2007).
[19] TS EN 13755, "Doğal taşlar-Deney yöntemleri-Atmosfer basıncında su emme tayini", (2009).
[20] TS EN ISO 17892-2, "Geoteknik etüt ve deneyler-Zemin laboratuvar deneyleri-Bölüm 2: Birim hacim kütlenin belirlenmesi", (2014).
[21] Aruntaş H.Y. ve Tokyay M., "Katkılı çimento üretiminde diatomitin puzolanik malzeme olarak kullanılabilirliği", *Çimento ve Beton Dünyası*, 1(4): 33-41, (1996).

FLOW AND HEAT TRANSFER FROM TWO TANDEM SQUARE CYLINDERS IN A UNIFORM FLOW FIELD

Özge Yetik
Eskisehir Osmangazi University, Department of Mechanical Engineering, Eskisehir, Turkey
E-mail: oyetik@ogu.edu.tr, nmahir@ogu.edu.tr
Necati Mahir

Abstract: In this study, the flow and heat transfer from two tandem square cylinders (rolls) are numerically studied. Reynolds number is selected 150 and Pr number is selected 0.7 in simulations. A non-uniform network structure is formed 2-dimensional axis, and the network is used more often near the cylinder and wall. In this work, the flux on the downstream area and between 2 square cylinders, which are placed tandemly, was examined by writing the FORTRAN code. In the convection and viscous terms, the partial step method using Crank-Nicolson scheme was applied. Poisson type equations applied Chebyshev accelerated Jacobi method. The lift and drag coefficient and Nusselt Numbers obtained for a single and tandem cylinders.

Keywords: Tandem Cylinders, Heat Transfer, Laminer Flow

Introduction

The periodic cycle behind the object in a constant current at a given speed is called a vortex. Vortex have a vibrating structure and can sometimes cause undesirable situations. Striking examples are that the electricity transmission line is whistling, some structures are shaken at critical wind or vehicle speeds, wind-induced circumferential breaks and natural torsional vibrations cause resonance and destruction of bridges. Due to the application areas such as planes, cars, high-rise buildings, ships, submarines, turbines, bridge legs, heat exchangers, factory chimneys, the flows around and behind the cylinders flowing in the fluid are very important.

Chatterjee and Amiroudine, (2010) studied the flow of Re from 1 to 30, Pr between 0.7 and 100, and the flow through two cylinders in two dimensions. As a result, the average number of Nu and Colburn j-factor showed similar distributions. Chatterjee and Mondal, (2012) examined two tandem cylindrical cylinders in two dimensions. The ratio between the

cylinder and the cylinder size was 1, 2, 3, 4, 5, 7 and 10. Numerical computations were calculated by using PISO algorithm. Re numbers were taken between 50 and 100. The number of Pr was fixed to 0.71. As a result, while the number of Re increased in a selected range, the critical distance decreased. The number of Nu increased along with the number of Re and also increased the space inter the cylinders. The Nu number on the front roll and the Nu number in the single cylinder were approximately the same. Usually, flux and heat transfer quantity were higher in front cylinder than in the rear cylinder. Gegez, (2010) in his master's thesis examined the turbulent flux surrounding the square sectioned roll in the channel. The number of Re is kept constant at 20000. In all the block ratios examined, if the rate of the roll dimensions to a lower wall was 0.2, there was no vortex street behind the cylinders. If the cylinders were placed symmetrically on the plates; with the increase of the block rate, the mean drag power coefficient, a square root mean square of a lifting force coefficient - the number of Strouhal have also been increased. At the same time, if the cylindrical wall spacing was small (0.2), it was shown that the average flow lines, long non-symmetrical circulation areas behind the cylinders occur. Malekzadeh and Sohankar, (2012) conducted a study on drop the flux power and heat transfer surrounding the square roll in the check status in laminar flow state. The number of Re was taken from 50 to 200. The ratio of the control panel width to the cylinder size had been changed between 0.1 and 0.9. The ratio of the distance between the control panel and the cylinder to the cylinder size was changed from 1.1 to 7. According to the results obtained, the ratio of the distance between the most suitable control panel and the cylinder to the cylinder size and the ratio of the control panel width to the cylinder size were found to be 3 and 0.5, respectively. In this case, the flow power was reduced to a maximum and a minimum reduction in heat transfer is achieved. At the same time, there was a decrease in the total number of Nu for different gap intervals. Sahu, et. al., (2009-a) worked the flux surrounding a square sectioned rolls in the two-dimensional - non-steady flow. The number of reagents was between 60 and 160 and the power index was between 0.5 and 2. In the study, it was seen that the number of Re decreased and the resistance coefficient decreased. Sharma and Eswaran, (2004) in their work in 2 dimensional laminar flow state for a single-square-section roll for heat and flux controled. The number of Re in the permanent and non-permanent flow regime was between 1 and 160 and the Pr number was 0.7. In this work, the impact of vortex curves on heat transfer was discussed. A relationship between the number of Nu and the number of Re in the regular heat flux and fixed roll temperature borderline condition was investigated. Mean number of Nu on the cylinder was found to increase with the number of Re. At the fixed roll temperature and fixed heat flux borderline circumstance, the Nu number at the front face of the roll had the maximum

value, a upper - lower faces had the lowest values and the minimum value on the back face. As a result, the relationship with heat transfer within the 2 - dimensional fluw regime had been suggested to be dependent on both temperature and borderline status. They examined the flux surrounding 2 successive square rolls, Sohankar and Etminan (2009). The number of Re was between 1 and 200, and the Pr number was 0.71. Two-dimensional permanent and non-permanent laminar flow was realized by utilizing finite volume method withstand on SIMPLEKS algorithm. As the result, Nu number had the highest value for the front surface, the upper and lower surface mean values and the minimum value onto back face. Values in the front cylinder were higher than the values in the rear cylinder. Sohankar, et. al., (1998) examined the flux surrounding the square section cylinders in two dimensions. The number of reagents was between 45 and 200. The conventional Neumann boundary condition was compared with a convective Sommerfield borderline status at the outlet of the calculation area. As a result, the Sommerfeld boundary condition was found to be more effective. This work; The St number provided data on the effects of the lift, drag and moment coefficients, the number of Re and the angle of incidence of the flow.

In this work, the flux on the downstream area and between 2 square cylinders, which are placed tandemly, was examined by writing the FORTRAN code. In the convection and viscous terms, the partial step method using Crank-Nicolson scheme was applied. Poisson type equations applied Chebyshev accelerated Jacobi method.

Governing Equations and Numerical Methods

Two-dimensional Navier-Stokes and energy equalities are given into Equation (1) - Equation (4) to examine the flow on square-section cylinders. In equations, u, v and T show dimensionless velocity components and temperature, x and y coordinates, p pressure and (t) time. The Prandtl number is solved as in the Pr= η / α equation. The kinematic viscosity is η,the thermal diffusion coefficient is α.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{Re}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) \tag{2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{Re}\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right) \tag{3}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u\frac{\partial T}{\partial x} + v\frac{\partial T}{\partial y} = \frac{1}{RePr}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) \tag{4}$$

The partial step method using Crank-Nicolson scheme is applied to the transport and viscous locution in the momentum equality. The intermediary speeds are determined by the following discretization scheme.

$$\frac{V^{n+1/2}\text{-}V^{n}}{\Delta t} + \left[\frac{1}{2}H\left(V^{n+1/2}\right) + \frac{1}{2}H(V^{n})\right] = \text{-}G(p^{n}) + \frac{1}{Re}\left[\frac{1}{2}L\left(V^{n+1/2}\right) + \frac{1}{2}L(V^{n})\right] \tag{5}$$

H is the seperate advection, G is the gradient and L is the diffusion components. Convective locutions are approximately:

$$H\left(V^{n+1/2}\right) \cong (V^{n}\nabla)V^{n+1/2} \tag{6}$$

Poisson equation for pressure might be declaration as $\emptyset$.

$$L\emptyset = \frac{1}{\Delta t}\Delta V^{n+1/2} \tag{7}$$

The velocity area and a pressure at the following time grade are calculated by Equation (8) and Equation (9).

$$V^{n+1} = V^{n+1/2}\text{-}\Delta t G\emptyset \tag{8}$$

$$p^{(n+1)} = p^{n} + \emptyset \tag{9}$$

(5) - (8) equation is used in the cross-network structure. First order derivatives in transport locutions are formulated from third-order upwind; The second order derivatives in the viscous locutions are separated by using the center differences formulas. Poisson-type equality have been applied to the Chebyshev accelerated Jacobi method.

The distance between the successive network lines is determined by geometric series. The rounding of the resolution for every time pas is detected by Equation (10). $\emptyset$ is pressure, medium velocities and temperature, and n is the time step. No-slip boundary circumstance is discussed on roll faces and wall. In the case of single cylinders and tandem cylinders placed in the uniform flow area, uniform speed is assumed at the inlet. U_∞ and T_∞ are the independent flow velocity and temperature, T_w is indicate the cylinder face temperature.

$$\sum_{i,j} \frac{\left(\emptyset_{i,j}^{n}-\emptyset_{i,j}^{n-1}\right)^2}{\left(\emptyset_{i,j}^{n}\right)^2} < 5 \times 10^{-5} \tag{10}$$

The boundary conditions are given between Equation (11) and Equation (14).

For the inlet $$u = 1, v = 0, T = 0 \tag{11}$$

For the cylinder walls $$u = 0, v = 0, T = 1 \tag{12}$$

For the plane wall, $$u = 0, v = 0, T = 0 \tag{13}$$

For the outlet $$\frac{\partial u}{\partial t} + u_c \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0, \frac{\partial T}{\partial x} = 0 \tag{14}$$

Drag and lift forces of Equation (15) - Equation (18) are determined by taking into account the viscous and pressure strength on the roll surfaces. The drag strength is the strength in the way of flux while the lift strength is the way force vertical to the flux. The fr, re, tp and bt in the equations call to the front face, back face, upper face and lower face of the roll respectively. Heat transfer coefficient and Nusselt number are calculated with helping Equation (19). Equation (19) denotes the perpendicular direction of the roll face, and the local heat transfer coefficient and local Nu number. The number of Strouhal is calculated using the equation (20).

f refers to the frequency in the equation. The mean values of drag and lift coefficients are take over the time history of these values.

$$\mathrm{CD} = \frac{2\mathrm{F_D}}{\rho \mathrm{U}_\infty^2 \mathrm{D}} \tag{15}$$

$$\mathrm{CL} = \frac{2\mathrm{F_L}}{\rho \mathrm{U}_\infty^2 \mathrm{D}} \tag{16}$$

$$\mathrm{F_D} = \int_0^{\mathrm{D}} \left(\tau_{\mathrm{tp}}(\mathrm{x}) + \tau_{\mathrm{bt}}(\mathrm{x})\right) \mathrm{dx} + \int_0^{\mathrm{D}} \left(\mathrm{P_{fr}}(\mathrm{y}) + \mathrm{P_{re}}(\mathrm{y})\right) \mathrm{dy} \tag{17}$$

$$\mathrm{F_L} = \int_0^{\mathrm{D}} \left(\tau_{\mathrm{fr}}(\mathrm{y}) + \tau_{\mathrm{re}}(\mathrm{y})\right) \mathrm{dy} + \int_0^{\mathrm{D}} \left(\mathrm{P_{tp}}(\mathrm{x}) + \mathrm{P_{bt}}(\mathrm{x})\right) \mathrm{dx} \tag{18}$$

$$-k \left.\frac{\partial T}{\partial n}\right|_w = h_\theta \left(T_W - T_\infty\right), \quad Nu_\theta = \frac{h_\theta D}{k} \tag{19}$$

$$St = \frac{fD}{U_\infty} \tag{20}$$

Network tests are carried out when the cylinders are placed in a free flow area. In the case of determine the impression of different network construction on the calculated values, the distance between the cylinders is 0.5 D at which no vortex is formed and the distance is considered 7 D at which the vortex street is formed. In both cases, the mean drag coef., lift coef., Nusselt numbers and Strouhal numbers on the cylinders are compared. The smallest differences in values are seen in network structures with a minimum network width of 0.010 to 0.008. In these network structures, the difference between the average drag coef is 0.005 in the front cylinder and 0.001 in the back roll for L/D = 0.5. For L/D = 7, the front and back cylinders are 0.003. Similarly, the differences in Nusselt numbers are 0 for L / D = 0.5 in the front cylinder and 0.004 in the back cylinder. For L / D = 7 these differences are 0.002 for the front cylinder and 0.004 in the back cylinder. Therefore, the network structure with a minimum network width of 0.01 is used in calculations to obtain accurate results in a short time.

Firstly, the flow around the single cylinder with a square section in height and width D in the calculation area is examined numerically. In order to have an effect on the flow parameters of the inlet and outlet parts

within the area, the cylinder is placed at the lower of the inlet and the lower at 7.5 D. A non-uniform network structure is formed in the 2 axes way, and the network is used more often near the cylinder and wall. Reynolds number 100, 120, 140 and 160 are selected in simulations.

Secondly, the flow between the tandem two square cylinders in the flow area are examined in numerical order. If there is no wall within the area, the input and output parts are placed at 7.5D distance from the upper and lower of the roll inlet to have an effect on the flow parameters to be negligible. Distance between cylinders 0.5 D, 1 D, 1.5 D, 2 D, 2.5 D, 3 D, 3.5 D, 4 D, 5 D, 6 D, 7 D are selected. A non-uniform network structure is formed in two axes way, and the network is used more often near the cylinder and wall. The calculation area and the placement of the cylinders are shown in Figure 1. The network structure is given Figure 2. In the simulations, the Reynolds number was selected as 150.

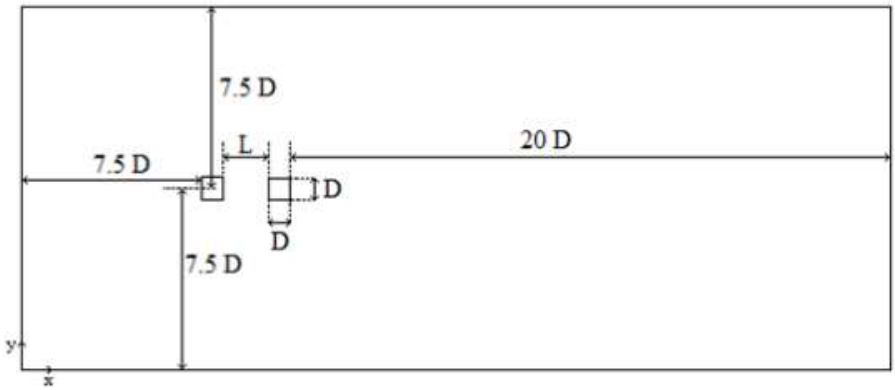


Fig.1. Formal representation of the calculated area

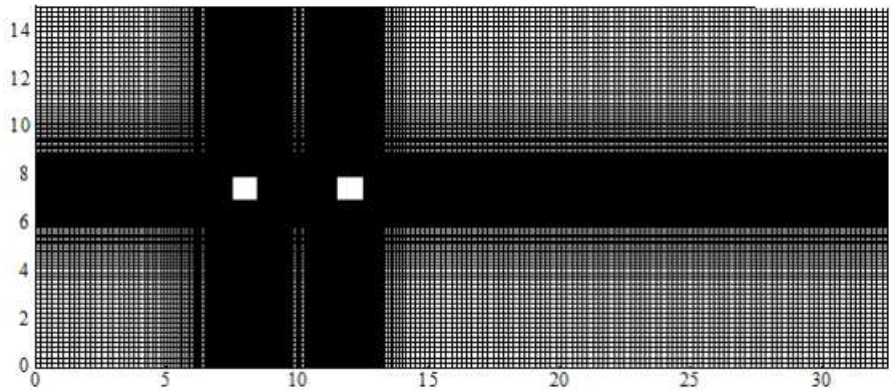


Fig.2. Grid structure around the cylinders

Result and Discussion

A single-cylinder with a square section is settled in the computation area from the inlet, at the lower and upper, at a distance of 7.5 D, and the flux and heat transfer around the cylinder were investigated. We compared the results of the study with other studies in the literature and examined the reliability of the program were written us. Re numbers 100, 120, 140 and 160 are taken. According to different Re numbers, the change of CD_{mean}, Nu_{mean} and St numbers is compared (Fig. 3. – Fig. 5.).

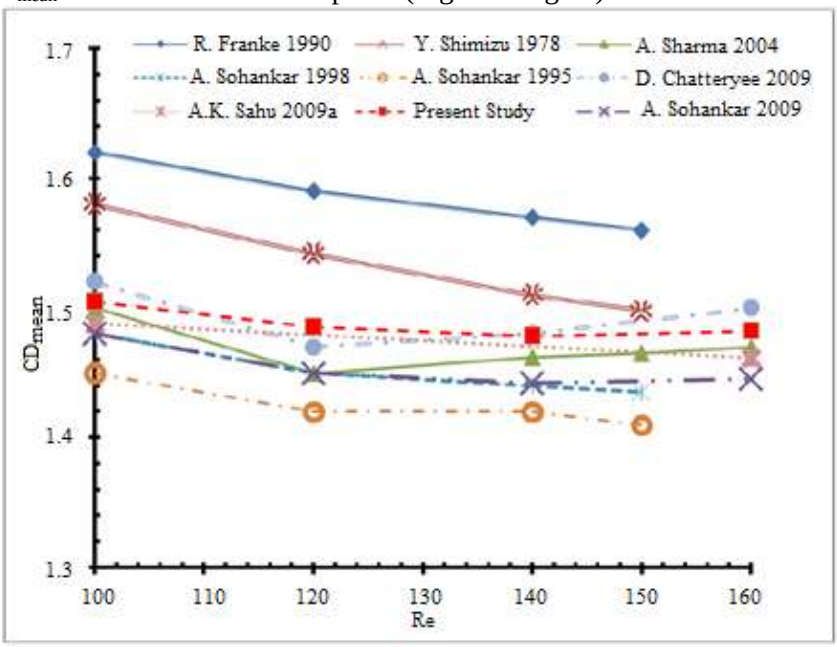


Fig.3. The change of the CD_{mean} number for a single square cylinder

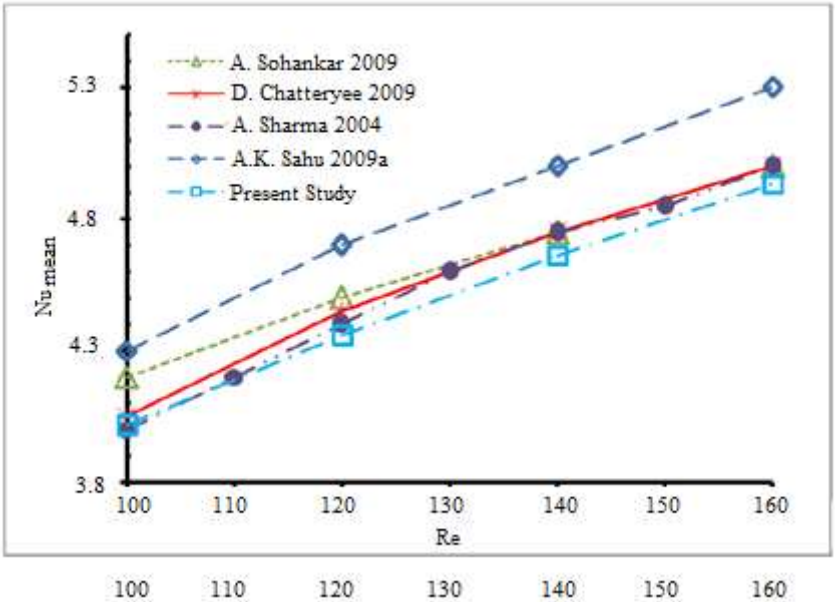


Fig.4. The change of the Nu_{mean} number for a single square cylinder

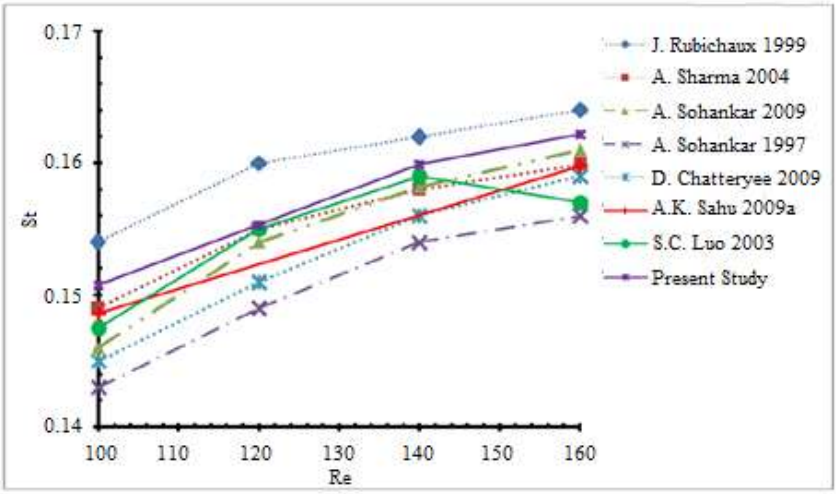


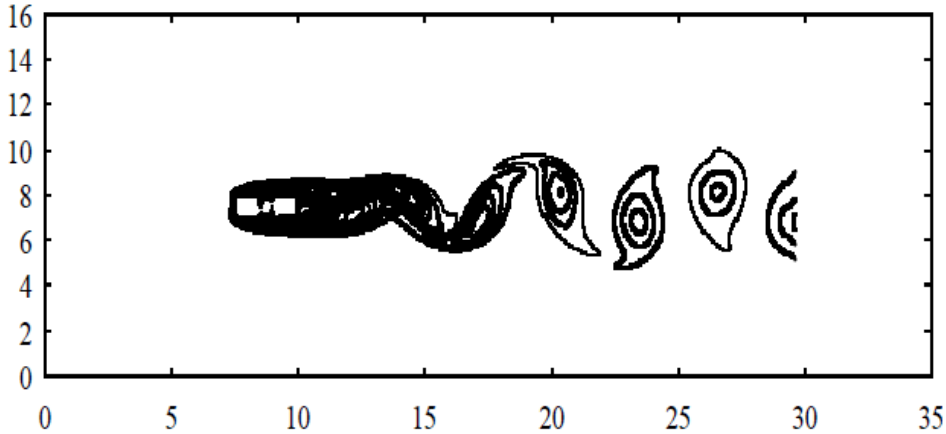
Fig.5. The change of the St number for a single square cylinder

As it is seen, there is a great similarity between our own studies and the studies in the literature and small deviations occurred. It is obvious that our study allows reliable outcome, since there are acceptable deviations.

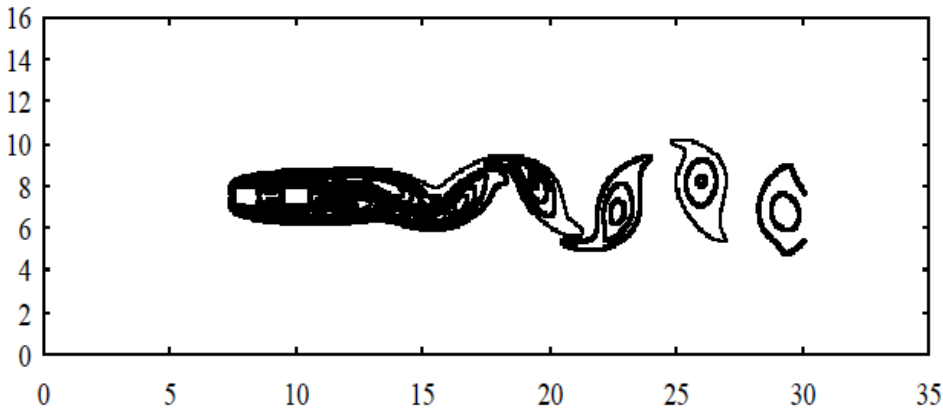
The flow between the cylinders and on the downstream region varies rely on the interval between the two rolls. The interval between the cylinders is changed from 0.5D to 7D and the flow is examined.

Flow structure

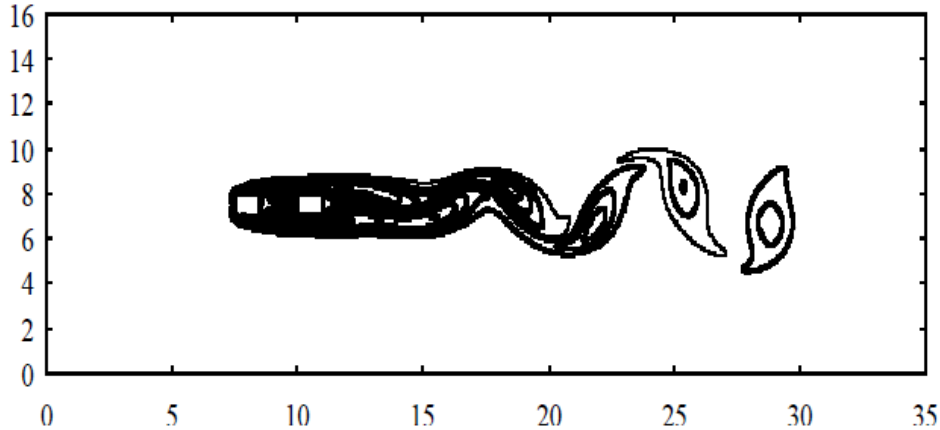
If the ratio of the distance between the cylinders to the cylinder size is small (L/D), there are no vortex between the rolls (Fig. 6. (a) - (d)). The borderline layer discrete from the front roll forms the vortex street at the downstream region of the downstream roll.



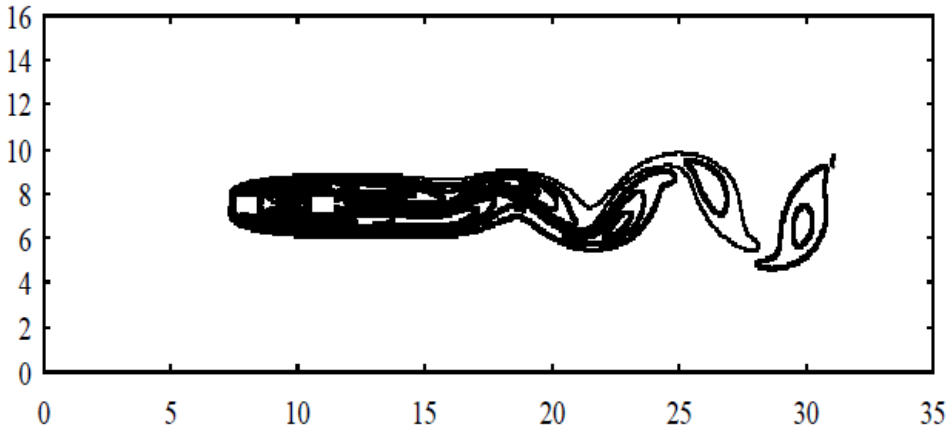
(a)



(b)



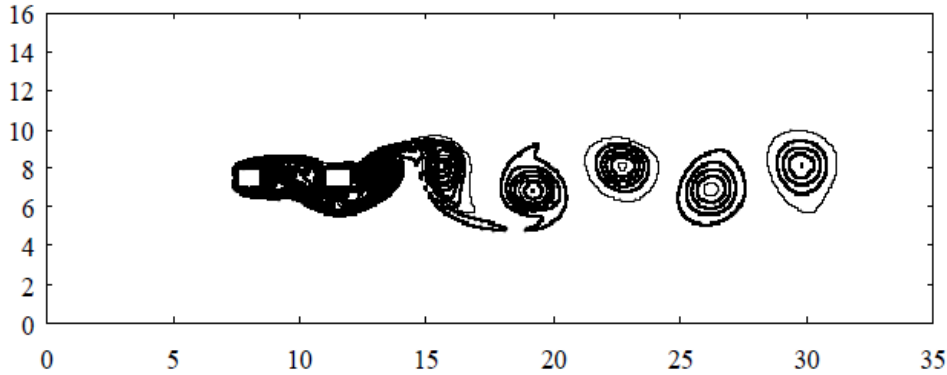
(c)



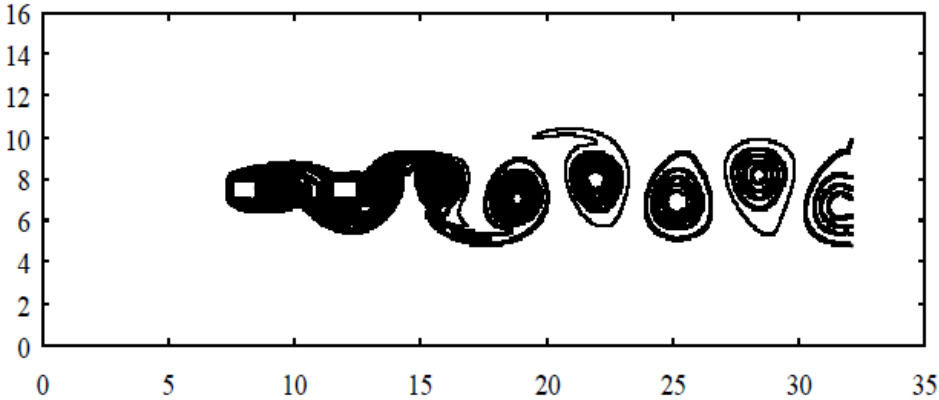
(d)

Fig. 6. Vorticity for tandem cylinders:
a) L/D = 0.5, b) L/D = 1, c) L/D = 1.5, d) L/D = 2.

As the distance between the cylinders increases as seen in Fig. 7. (a) - (b), only a very small amount of the boundary sheet discrete from the front roll is returned to the space between the rolls after contacting the downstream roll, while the other part forms the vortex street behind the downstream roll. As seen that Fig. 8. (a) - (e), while the distance between the cylinders starts to be ≥ 3.5 D, the boundary sheet discrete from the front roll begins to vortex between the cylinders without contacting the downstream cylinder. As seen in Fig. 7. and Fig. 8., vortices in the region of the downstream near the cylinders start to form in the values of L/D ratio greater than 2. In L/D = 3.5, a single row vortex is created in the downstream region and double row vortex is formed in L/D = 4. In L/D ≥ 5, double row vortices in the forward flow region are combined and transformed into single vortex.

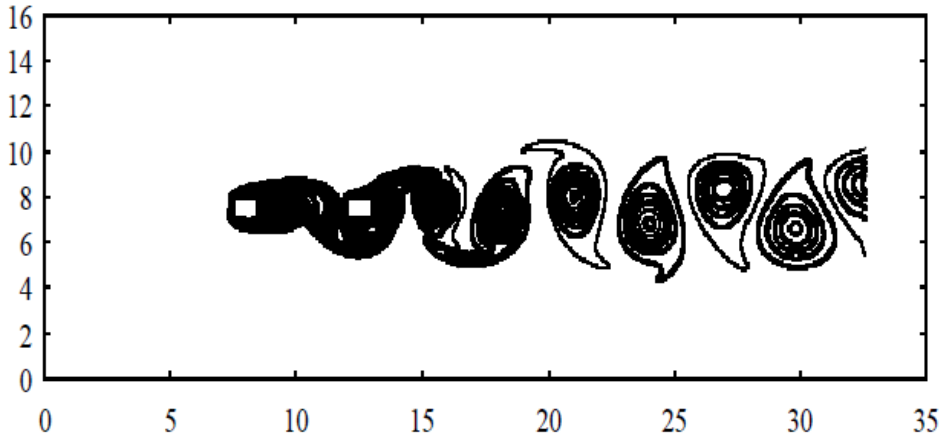


(a)

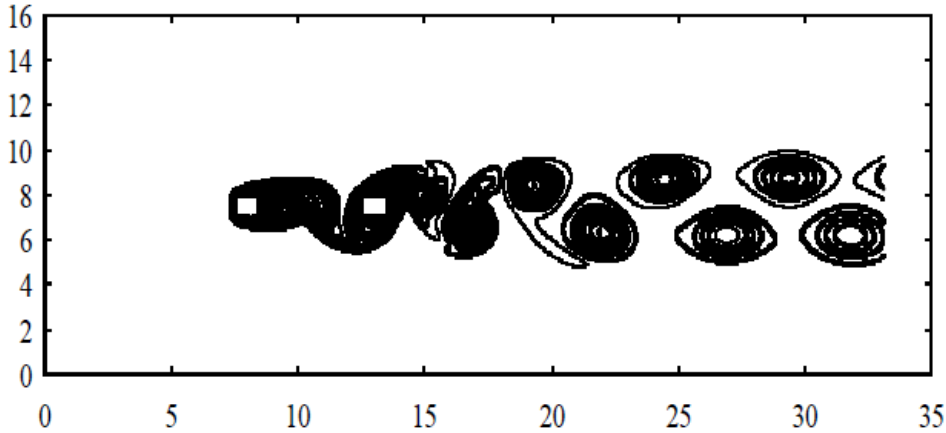


(b)

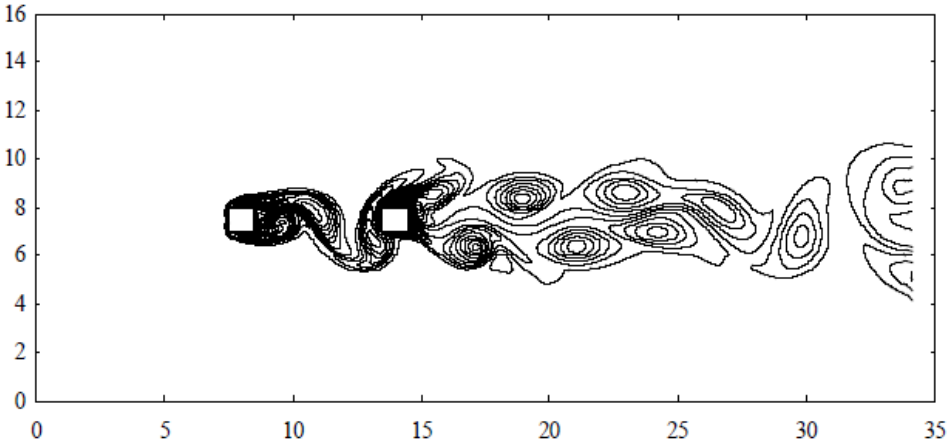
Fig. 7. Vorticity for tandem cylinders:
a) L/D = 2.5, b) L/D = 3.



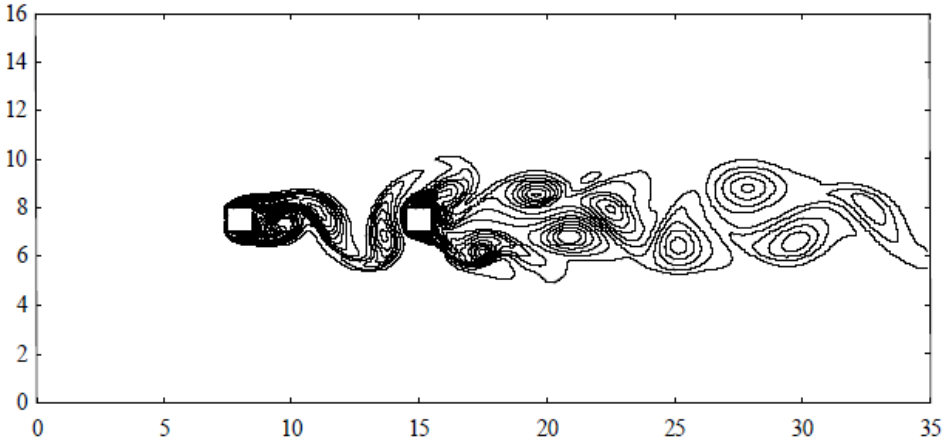
(a)


16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
5
10
15
20
25
30
35

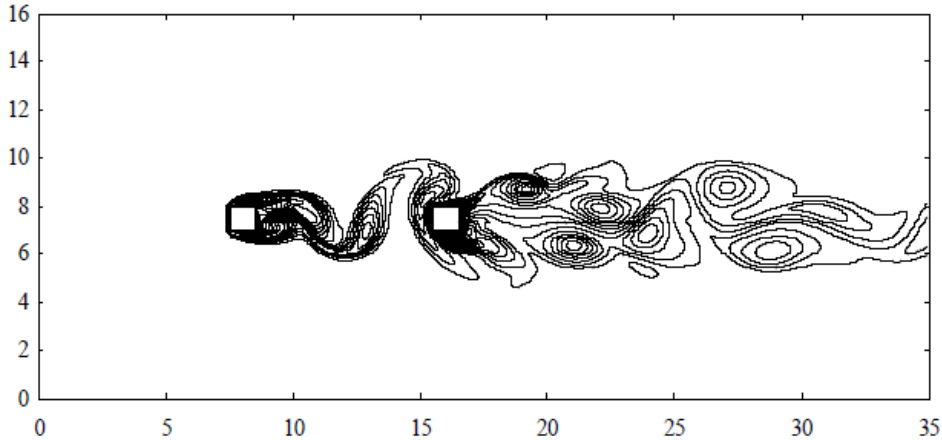
(b)


16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
5
10
15
20
25
30
35

(c)


16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
5
10
15
20
25
30
35

(d)



(e)

Fig. 8. Vorticity for tandem cylinders:
a) L/D = 3.5, b) L/D = 4, c) L/D = 5, d) L/D = 6, e) L/D = 7.

Unsteady forces

The average lift force coefficient (CL_{1mean}, CL_{2mean},) on both cylinders and the root mean square value of the lift force coef. (CL_{1rms}, CL_{2rms}) is changed in L/D rate in Fig. 9 and Fig. 10. In the event of L D≤2, although the CL_{mean} value in the front and downstream cylinder is small, the values in the downstream cylinder are smaller than the values in the front cylinder and also below zero. When L/D is 2.5, an increase in CL_{mean} and CL_{rms} is seen for the downstream roll, because vortex began to form between the cylinders. When L/D is 3.5, the borderlayer discreated from the front roll starts to vortex between the rolls without contacting the second cylinder, thus achieving the highest CL_{mean} value in both cylinders. When the L/D value is increased further, there is a decrease in CL_{mean} value as the intensity of the vortex that hit the back cylinder decreases as seen in Fig. 8.

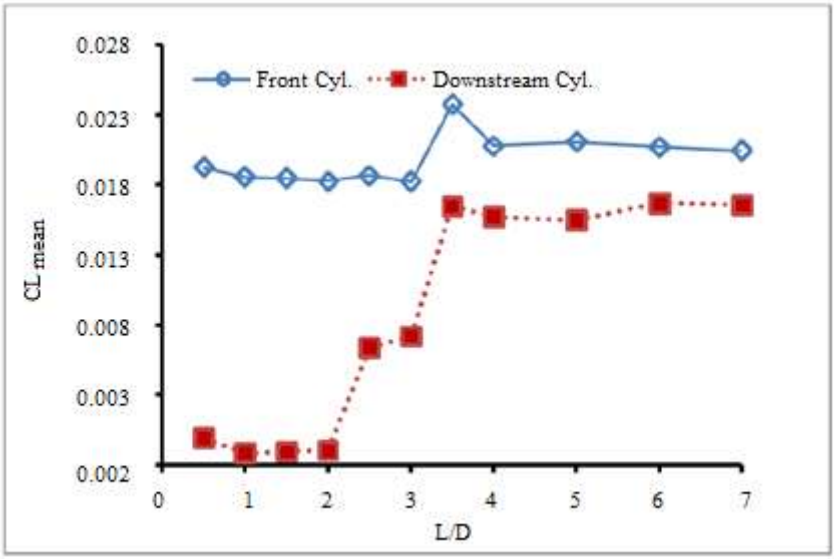


Fig. 9. The change of average lift force coefficient with L / D rate

When L/D is 3.5, the average lift force coef. on the downstream roll is the highest value, but remains smaller than the front cylinder. The square mean square root values are approximately the same in both cylinders for L/ D≤2 although they remain larger value in the downstream roll for L/D> 2.

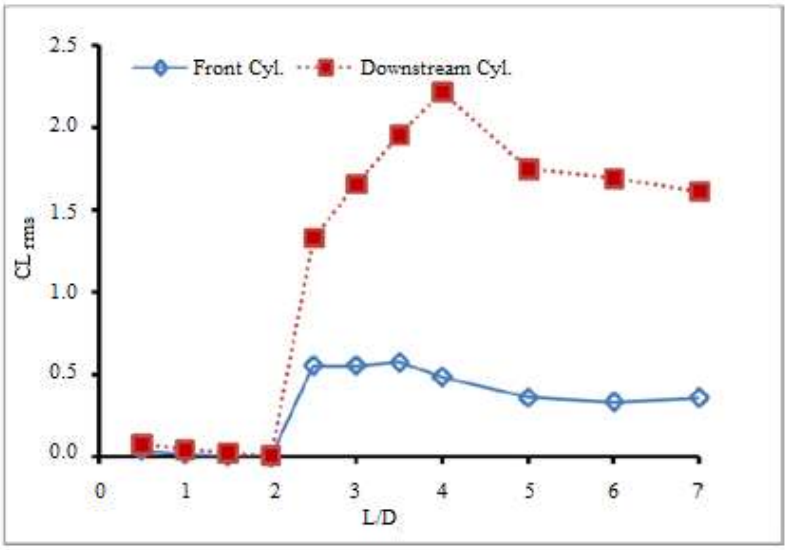


Fig. 10. The change of root mean square lift force coefficient with L / D rate

In the event of L/D≤2, as seen that Fig. 11, very small values of drag coef. (CD_{mean}) occur on the downstream roll. Simultaneously, these values are found to be negative. When the L/D value is 2.5, the drag coef. of the downstream roll increased abruptly while the drag coef. of the front roll increased slightly. The highest drag force coefficient is reached for the front and downstream cylinder on L/D=3.5. L/D = 2.5 and 3 values of the front cylinder discreated from the front roll to contact the front surface of the downstream roll, and a portion of the downstream roll behind the back of the downstream cylinder to increase the resistance force happens.

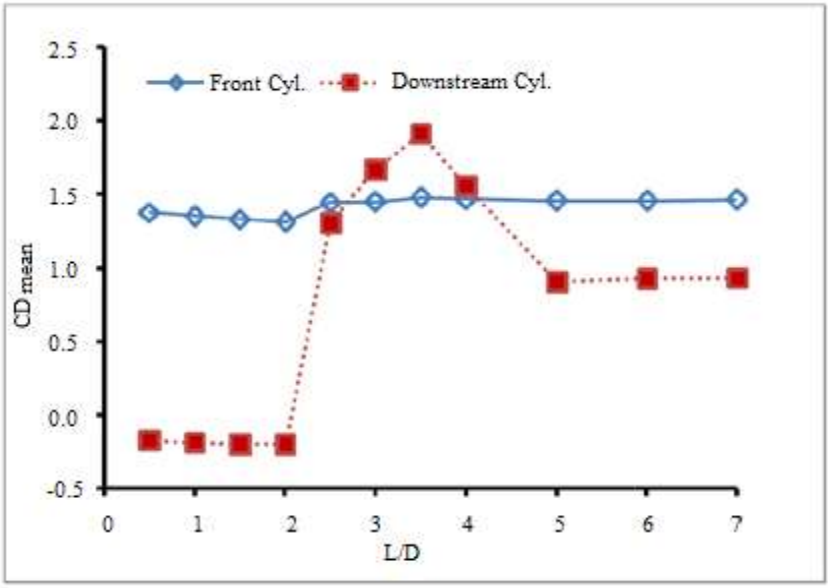


Fig.11. The change of the average drag coefficient with L / D rate.

As seen that Fig. 12, the root mean square value (CD_{rms}) of the drag force coef. is about constant for the front and downstream cylinders up to L/D≤2. When L/D value is 2.5, the increase in the downstream roll is bigger than the front roll. In the downstream cylinder, the maximum CD_{rms} value is L/D=3 and the front roll has L/D=3.5.

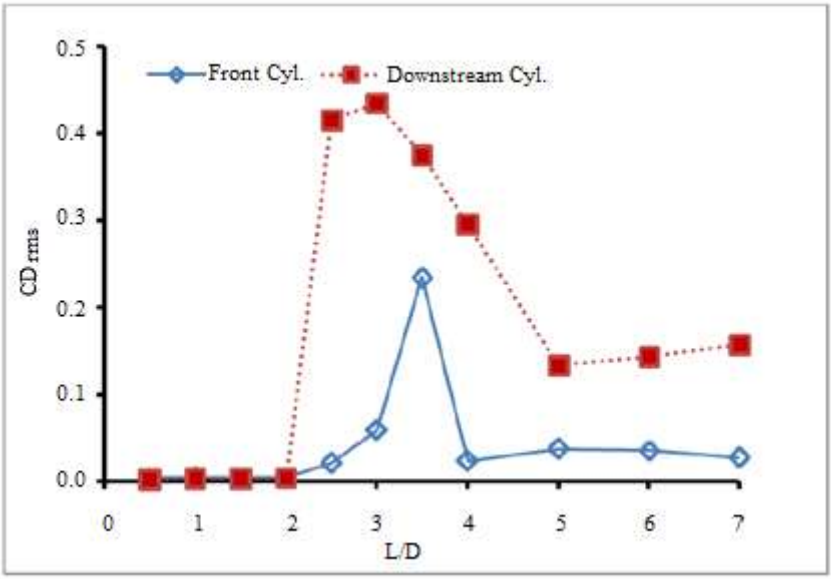


Fig. 12. The change of root mean square drag coefficient with L / D rate

Variation of mean Nusselt number on the cylinder surfaces

The average number of Nu number (Nu_{mean}) and the root mean square of the Nu number (Nu_{rms}) in both cylinders are given in Fig. 13 and Fig. 14. The Nu number is small in L/D≤2, it shows a sudden rise in L/D = 2.5 and it has highest value in L/D = 3,5. After the L / D ≥ 2.5 value, the Nu_{mean} numbers on both cylinders approach each other but these are smaller on the downstream cylinder.

According to Fig. 14, the Nu_{rms} value is approximately zero for L/D≤2 in both cylinders. The L/D = 2.5 has a rapid increase in the downstream cylinder and a slight increase in the front cylinder. The Nu_{rms} value in the front cylinder is closer to zero as L/D increases. The value on the downstream roll is higher than the front roll despite a rapid decrease.

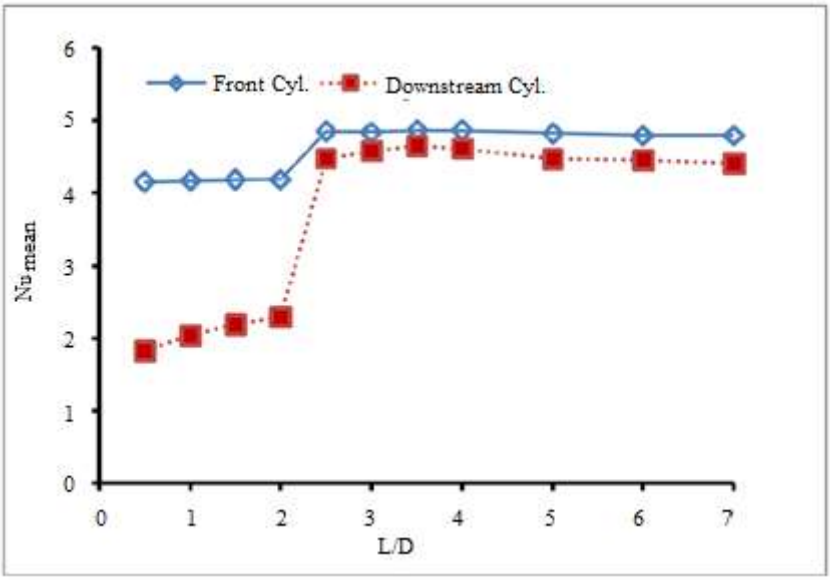


Fig.13. The change of the average Nu Number with L / D rate.

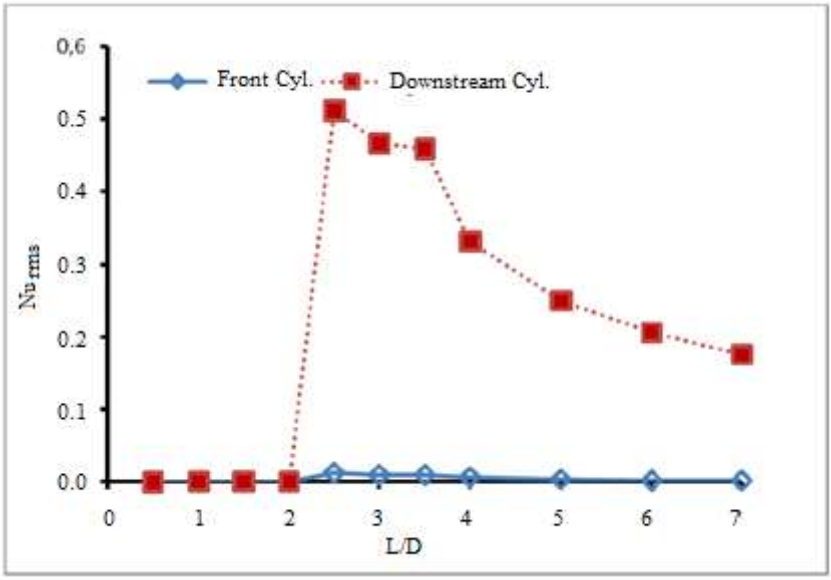


Fig.14. The change of the root mean square value of Nu Number with L / D rate.

Fig. 15 and Fig. 16 show the changes of the Nu_{mean} and Nu_{rms} values on the upper, lower, right and left sides of both cylinders. As shown in Fig. 15, the Nu left values of the front and downstream roll are highest, while the Nu right values of the front and downstream roll are lower. The Nu

values of upper and lower parts of the front roll and downstream cylinder are also equal. The upper and lower Nu values of the downstream roll are larger than the front cylinder. All Nu values are small when the L/D small equal 2 and then L/D is 2.5, this value increases.

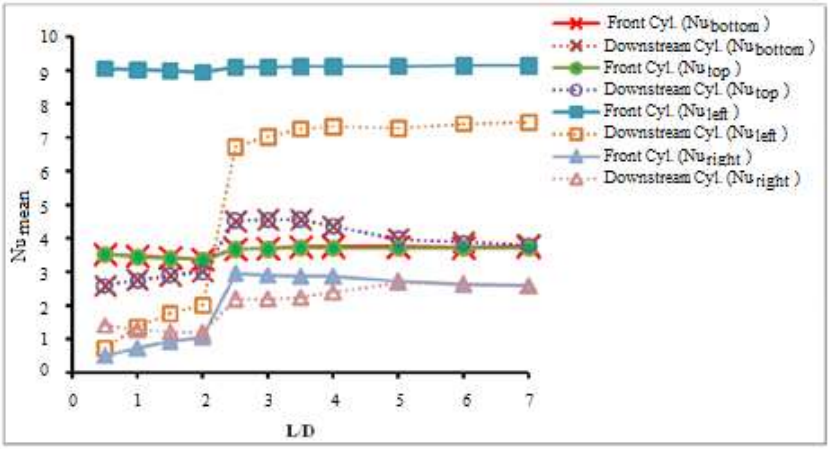


Fig.15. The change of the average Nu Number with L / D rate.

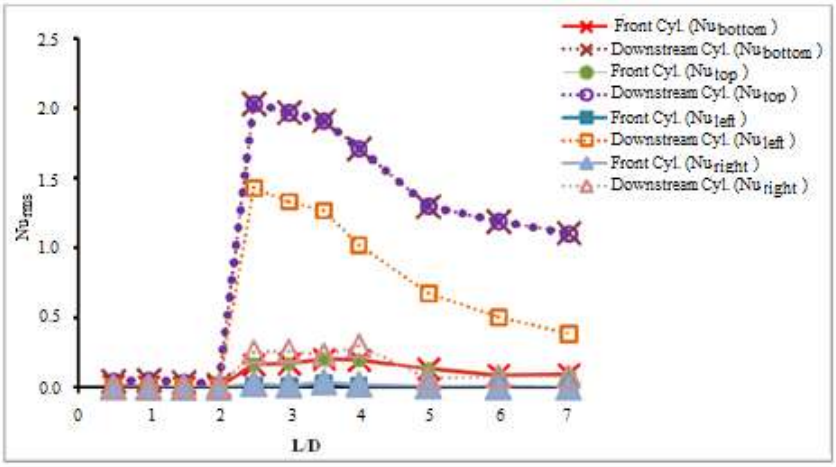


Fig.16. The change of the root mean square values of Nu Number with L / D rate.

As shown in Fig. 16, the root mean square values of all Nu numbers are approximately constant and zero for the front and downstream cylinders up to L/D≤2. Its maximum values are at L/D=2.5 at the upper and lower surfaces of the downstream cylinder. On the left surface of the downstream roll, the root mean square values of the Nu numbers are high. On the front cylinder, these values are quite small in all L/D ratios.

Conclusion

In this study, the flux and heat transfer between two tandem square roll are examined. While the distance between the cylinders is small ($L/D \leq 2$), there is no vortex between the roll. Vortex is formed in the flow region away from the second roll. Accordingly, the numbers CD_{mean}, CL_{mean} and Nu_{mean} on both cylinders are small. By rising the distance between the rolls (L/D 2.5), the borderlayer discreated from the front roll starts to curl between the roll and increases in the values of CD_{mean}, CL_{mean} and Nu_{mean} on the cylinders. When L/D is 3.5, the vortex is completely formed between the cylinders and the highest CD_{mean}, CL_{mean} and Nu_{mean} values are observed on both cylinders. By rising the distance between the rolls, the vortex formations back the cylinders show a change towards a single cylinder and these values decrease with increasing distance.

References

Chatterjee, D., Amiroudine, S. (2010). Two-dimensional Mixed Convection Heat Transfer From Confined Tandem Square Cylinders in Cross-Flow At Low Reynolds Numbers. International Commications in Heat and Mass Transfer, 37, 7-16.

Chatterjee, D., Biswas, G., Amiroudine, S. (2009). Numerical İnvestigation Of Forced Convection Heat Transfer İn Unsteady Flow Past A Row Of Square Cylinders. International Journal of Heat and Fluid Flow, 30, 1114-1128.

Chatterjee, D., Mondal, B. (2012). Forced Convection Heat Transfer From Tandem Square Cylinders For Various Spacing Ratios, Numerical Heat Transfer, 61, 381-400.

Franke, R., Rodi, W., Schönung B. (1990). Numerical Calculation Of Laminar Vortex-Shedding Flow Past Cylinders, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 35, 237-257.

Gegez, H. (2010) Kanal İçerisindeki Kare Kesitli Silindir Etrafında Türbülanslı Akış, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2010.

Luo, S.C., Chew, Y.T., Ng, Y.T. (2003). Hysteresis Phenomenon İn The Galloping Ascillation Of A Square Cylinder. Journal of Fluids and Structures, 18, 103-118.

Malekzadeh, S., Sohankar, A. (2012). Reduction of Fluid Forces And Heat Transfer On A Square Cylinder İn A Laminer Flow Regime Using A Control Plate. International Journal of Heat and Fluid Flow, 34, 15-27.

Robichaux, J., Balachandar, S., Vanka, S.P. (1999). Three-Dimensional Floquet İnstability Of The Wake Of Square Cylinder. Physics of Fluids 11, 560–578.

Sahu, A.K., Chhabra, R.P., Eswaran, V. (2009-a), Effects of Reynolds and Prandtl Number On Heat Transfer From A Square Cylinder In The Unsteady Flow Regime. International Journal of Heat and Mass Transfer, 52, 839-850.

Sahu, A.K., Chhabra, R.P. Eswaran, V. (2009-b). Two-Dimensional Unsteady Laminar Flow Of A Power Law Fluid Across A Square Cylinder. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 160, 157-167.

Sharma, A., Eswaran, V. (2004). Heat And Fluid Flow Across A Square Cylinder İn The Two-Dimensional Laminar Flow Regime. Numerical Heat Transfer, Part A: Applications: An International Journal of Computation and Methodology, 45, 247–269.

Shimizu, Y., Tanida, Y. (1978) Fluid Forces Acting On Cylinders Of Rectangular Cross Section. Transc JSME B 44, 2699–2706.

Sohankar, A., Davidson, L., Norberg, C. (1995). Numerical Simulation Of Unsteady Flow Around A Square Two-Dimensional Cylinder, Twelfth Australasian Fluid Mechanics Conference, The University of Sydney, Australia.

Sohankar, A., Etminan, A. (2009). Forced-Convection Heat Transfer From Tandem Square Cylinders İn Cross Flow At Low Reynolds Numbers, International Journal For Numerical Methods in Fluids, 60, 733-751.

Sohankar, A., Norberg, C., Davidson, L. (1997). Numerical Simulation Of Unsteady Low-Reynolds Number Flow Around Rectangular Cylinders At İncidence, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 69, 189-201.

Sohankar, A., Norberg, C., Davidson, L. (1998). Low-Reynolds Number Flow Around A Square Cylinder At İncidence: Study Of Blockage, Onset Of Vortex Shedding And Outlet Boundary Condition. International Journal For Numerical in Fluids, 26, 39–56.

A NUMERICAL INVESTIGATION OF A CEILING TYPE RADIANT PANEL HEATER

Tahir DIKMEN*, Tamer CALISIR*, Senol BASKAYA*
*Gazi University, Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Dep., Ankara, Turkey
E-mail: tahirdikmen@gmail.com

Abstract: This paper presents a numerical study of a ceiling type radiant panel heater. Numerical analyses of the hydronic ceiling type radiant heating panel system were performed by using FloEFD CFD code. Firstly, the problem under investigation has been validated with the results in the literature and parametric study has been performed for the hydronic ceiling type heater. The effects of Reynolds number, water inlet temperature, wall temperature and emissivity on total heat output, panel surface temperature and net radiation rate values were investigated. It was observed that with the increase in Reynolds number and water inlet temperature, the total heat output, net radiation heat transfer rate and radiant surface temperature increases. The results showed that with the increase in the wall temperature the total heat output and net radiation heat transfer rate decreases, whereas radiant surface temperature increases. The increase in emissivity showed that the total heat output and net radiation heat transfer rate increases and the radiant surface temperature decreases slightly.

Keywords: CFD, Heating, Radiant Ceiling Panel

Introduction

Energy production is one of the most important factors in the existence of societies. The increasing importance of global energy prices, procurement and use of energy prices requires energy consumption to be made consciously within the framework of the most efficient evaluation of scarce resources. In this sense, it is inevitable to limit the amount of energy spent, to minimize the amount of energy consumed and to take measures to save energy. New technologies are being produced or developed to make the most of the energy supplied and to make the heating need the cheapest to obtain desired comfort conditions. One of them is radiant heating. The conventional method of heating in high and large-volume spaces are ineffective or causing high energy costs has led to the development and widespread use of radiant heating systems. Ceiling type radiant heating systems have continued to develop and become widespread for this purpose in recent years, but similar studies have not been conducted in our country due to the this new technology. Conventional and natural gas radiant heating systems, which are often used in industry, have many disadvantages and hydronic ceiling type radiant heating panels eliminate

the disadvantages of these commonly used systems and add positive aspects.

Kanbur, Atayılmaz, Koca, Gemici and Teke (2013) have investigated the effect of heat fluxes obtained from a radiant panel and different pipe distances in the CFD code. Commarata and Petrone (2015) have studied and analyzed the thermal performance in cooling of two different model of radiant panel by varying discharge temperature and fluid velocity with numerical simulations. Gemici (2016) investigated that how thermal comfort is affected for different inlet water temperatures applied in different wall type radiant heating panel system configurations. The results showed that the installation of radiant panels on different walls affects both thermal comfort and heating performance. Tye-Gingras and Gosselin (2012) presented that control of fluid temperature is important for both increasing comfort and reducing the energy consumption of hydronic heating radiant panels. Koca, Gemici, Topacoglu, Çetin, Acet and Kanbur (2014) presented experimental results to observe the heat transfer situation of radiant wall heating surfaces. Seyam, Huzayyin, El-Batsh and Nada (2014) investigated the performances of radiant panel heater using scale room model.

As can be seen, from the literature review there have been done some studies about radiant heaters. However, there are still some undisclosed points about hydronic radiant heaters. Hence, in this study, it was aimed to investigate the effect of Reynolds number, water inlet temperature, wall temperature and emissivity values on total heat output, net radiation rate and radiant surface temperature. The findings are important in order to investigate the most effective parameters on the heat output of hydronic radiant ceiling panel heaters.

Materials and Methods

The commercial FloEFD CFD code was used in this study. The 3-D model is shown in Fig. 1. The dimensions of the test room is 4000mmx5000mmx2500mm. The walls of the test room were considered adiabatic. The ceiling type radiant panel heater is located the ceiling of the test room. The placement of the ceiling type radiant panel heater in the room is shown in Fig.2. Panel heater consists of 10 stainless steel pipes, aluminum plates, glass wool insulation material and the surrounding aluminum sheets. The pipes have an outer diameter of 28 mm and thickness of 1.5 mm. The distance between the centers of each pipe is 150 mm. The pipes are located between two aluminum plates with a thickness of 0.8mm and 0.5mm. Glass wool insulation material has 50mm thickness. Aluminum frame dimensions are 1500mm x 1880mm x 500mm. The 3-D model and dimension of the ceiling type radiant panel heater used in the

study is shown in the Fig.3. The exploded view of the ceiling type radiant panel heater is shown in the Fig.4.

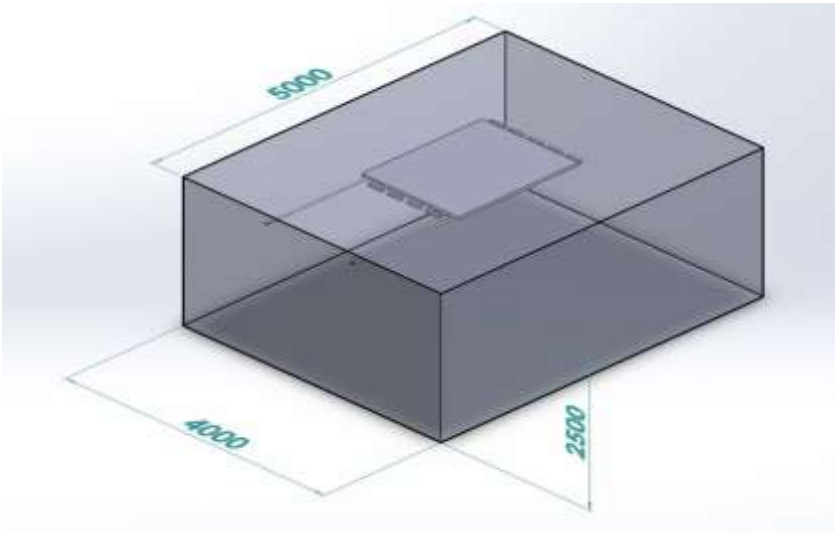


Figure 1. 3-D model of the investigated geometry

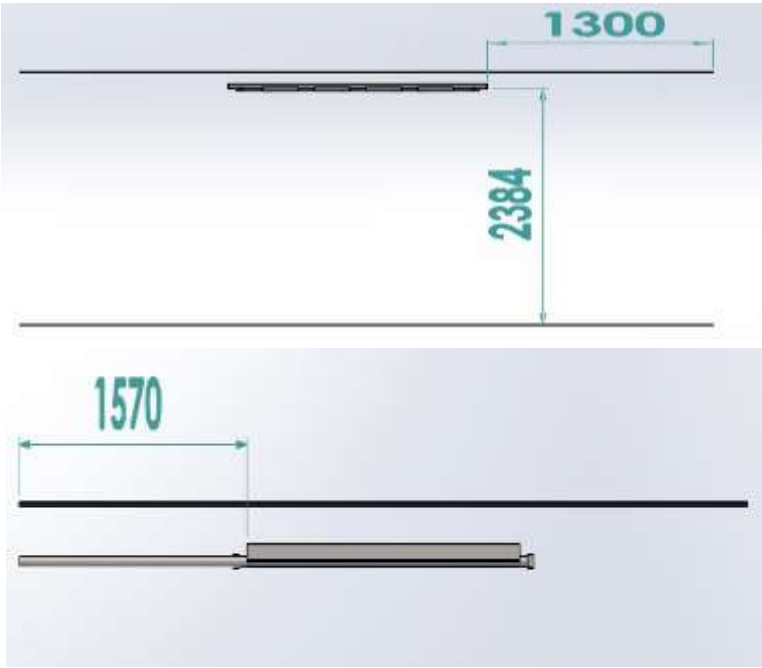


Figure 2. Replacement dimensions of the ceiling type radiant panel heater

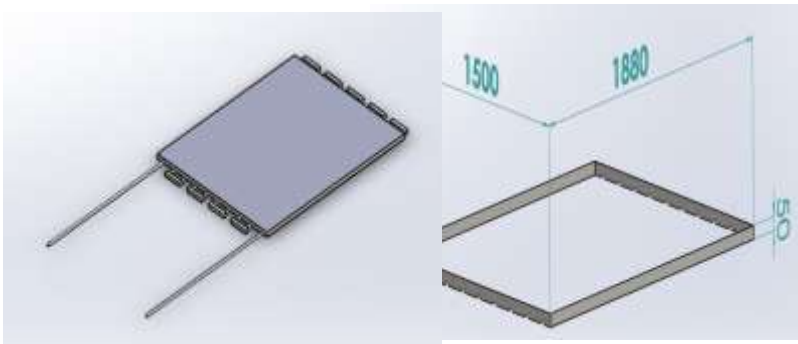


Figure 3. 3-D model and dimensions of ceiling type panel heater

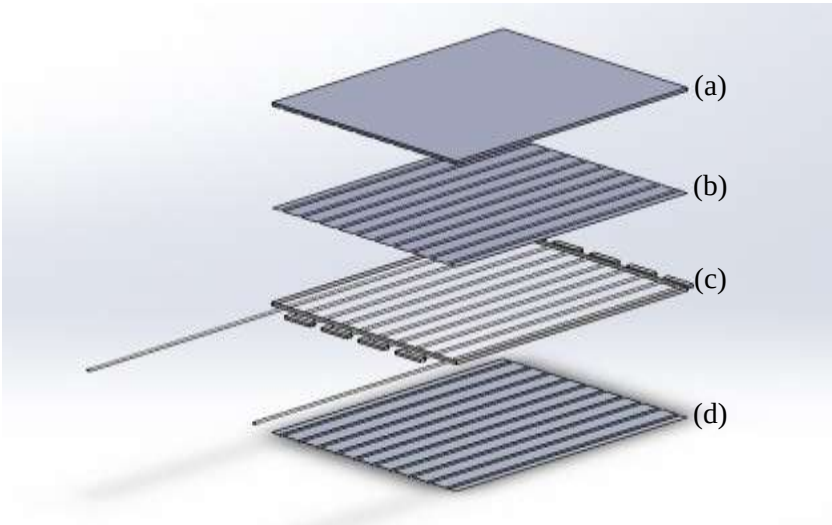


Figure 4. Exploded view of ceiling type panel heater (a) Glass wool insulation, (b) aluminum plates, (c) frame, (d) aluminum plates

Glass wool insulation material, which has a thickness of 50mm, is used to prevent heat losses. The aluminum plates are on the top and bottom of the pipes and have 0.5 mm and 0.8 mm thicknesses, respectively. The

aluminum plate, which has 0.8mm thickness, is the radiation emitting surface. Between the aluminum plates there is frame with the pipes inside. Frame material is aluminum.

Boundary Conditions and Governing Equations

The governing equations used in the simulation of the three-dimensional, steady, turbulent, incompressible problem are shown in this part of the study. Water enters the hydronic radiant heater system from inlet and after passing through pipes, exits from outlet which is at atmospheric pressure as 1 bar for each case. Four different parameters has been investigated and the boundary conditions are shown in the Table 1. The effect of Reynolds number, water inlet temperature, wall temperature and emissivity values on total heat output, net radiation rate and radiant surface temperature were investigated.

Table 1. Numerical studies and boundary conditions

Case Number	Constant Values		Changed Values	
1	Water inlet temperature	75 °C	Reynolds Number	3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000, 7500, 8000, 10000, 12000, 16000
	Wall Temperature	20 °C		
	Emissivity	0.93		
2	Reynolds Number	4000	Water inlet Temperature [°C]	35, 45, 55, 65, 75, 85, 95
	Wall Temperature	20 °C		
	Emissivity	0.93		
3	Reynolds Number	4000	Wall Temperature [°C]	5, 10, 15, 20, 25
	Water inlet temperature	75 °C		
	Emissivity	0.93		
4	Reynolds Number	4000	Emissivity	0.80, 0.85, 0.90, 0.95, 1.00
	Water inlet Temperature	75 °C		
	Wall Temperature	20 °C		
	Emissivity	0.93		

The Lam-Bremhorst k-ε turbulence model was employed for the solution of the turbulent quantities. The three-dimensional turbulent mass, momentum and energy conservation equations for forced convection flow of water are given as follows (Calisir et al., 2018).

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0 \tag{1}$$

$$\rho U_i \frac{\partial U_j}{\partial x_i} = -\frac{\partial P}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_i}\left[\mu\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right) - \rho\overline{u_i' u_j'}\right] \tag{2}$$

$$\rho c_p U_i \frac{\partial T}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left[k\frac{\partial T}{\partial x_i} - \rho c_p \overline{u_i' T'}\right] \tag{3}$$

$$\rho U_i \frac{\partial k}{\partial x_i} = \frac{\partial k}{\partial x_i}\left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial x_i}\right] + \mu_t\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right)\frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \rho\varepsilon \tag{4}$$

$$\rho U_i \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i}\right] + f_1 C_1 \mu_t \frac{\varepsilon}{k}\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right)\frac{\partial U_i}{\partial x_j} - f_2 C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \tag{5}$$

The turbulence kinetic viscosity is given below;

$$\mu_t = f_\mu C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon} \tag{6}$$

$C_{1\varepsilon}$, $C_{2\varepsilon}$ and C_μ are constant coefficients of the k-ε model. Experimental coefficients used in the equations are given below. (Calisir et al., 2018)

$$\sigma_k = 1{,}00;\ \sigma_\varepsilon = 1{,}314;\ C_1 = 1{,}44;\ C_2 = 1{,}92;\ C_\mu = 0{,}09 \tag{7}$$

All walls of the computational domain except of ceiling type panel heater were modelled as adiabatic. Thus, the temperature gradient at these walls are zero and no heat transfer occurs at these walls. Due to no slip-condition the velocity at the radiant panel heater wall surface was zero. The Discrete transfer radiation model was used to model the radiation heat transfer, and conjugated heat transfer has been considered. Gravity effect was modelled in the negative vertical direction.

The flow rate was calculated using Eq. (8) when the Reynolds number and inlet water temperature were changed. μ is kinematic viscosity of water. Total heat output was calculated by using Eq. (9) with enthalpy values for inlet and outlet temperatures (Kegel, 2006).

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{4\dot{m}}{D\pi\mu} \tag{8}$$

$$Q_T = \dot{m}(h_i - h_{out}) \tag{9}$$

Results

To avoid unnecessary computing times and determine the optimum cell structure, different solutions has been done to obtain a mesh independent solution. Fig. 5. shows values of heat transfer coefficient with respect to mesh number. Table 1. demonstrates details of cell structures indicated as numbers of 1 to 10. According to the results of the mesh independency study the distribution represented by the number 6 was chosen. Hence, all the remaining simulations were performed at x=68, y=56 and z= 68 cell numbers.

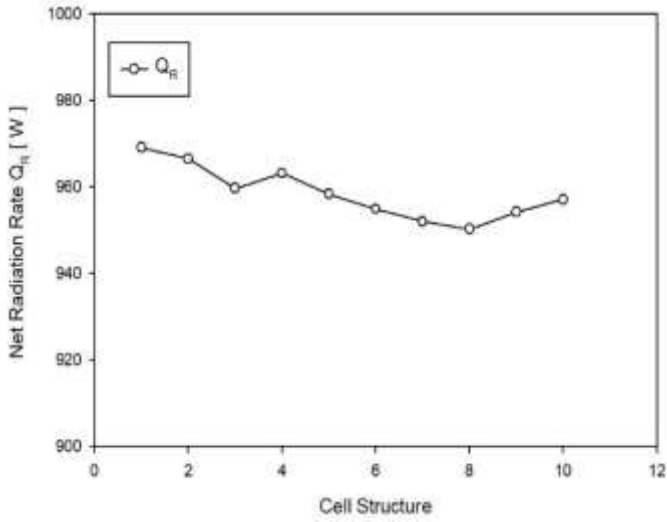


Figure 5. Independence from cell structure

Table 2. Number of Cells

Number	X	Y	Z	Total Cells
1	7	8	7	99813
2	20	20	20	196152
3	40	38	40	333860
4	45	41	45	396242
5	60	49	60	504429
6	68	56	68	601952
7	72	59	72	704583
8	76	67	76	800922
9	77	71	77	910425
10	80	73	80	995595

The comparison of the present numerical results and experimental results were done for a mass flow rate of 0.05278 kg/s, wall temperature of 20°C and emissivity value of 0.93.

Fig. 6. shows a comparison between an experimental study from the accredited test results and the present numerical study for total heat load. As can be seen, the results are in agreement with the experimental results. Fig. 7 shows the comparison with experimental and the present numerical study performed to investigate the effects of water inlet temperature on net radiation rate. As can be seen there is difference between the results

however, the variation occur linearly for both cases and are increasing with increasing water inlet temperature.

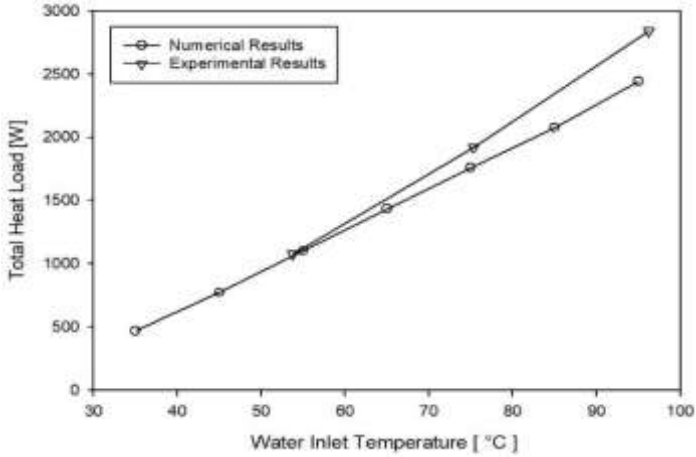


Figure 6. Comparison between numerical and experimental results on total heat load

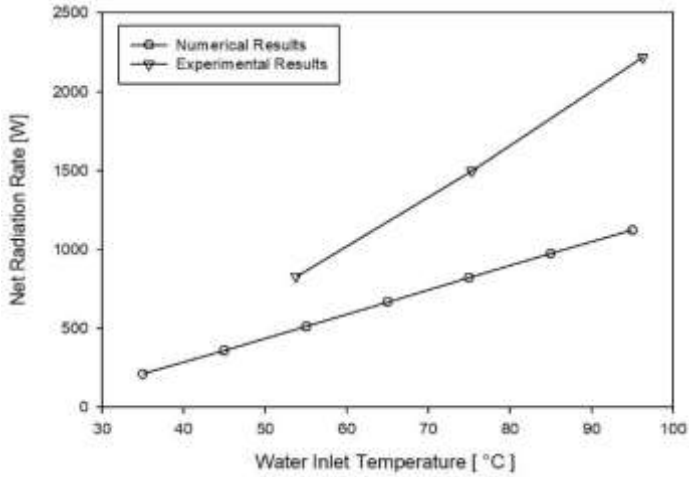


Figure 7. Comparison between numerical and experimental results on net radiation rate

Fig. 8. shows effects of water inlet temperature on radiant surface temperature. Comparison is presented with the numerical and experimental results. As can be seen, with the increase in water inlet temperature the

radiant surface temperature increases linearly. The results are in agreement and are close to each other.

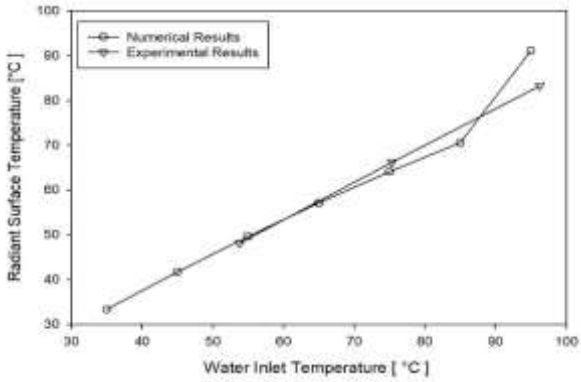
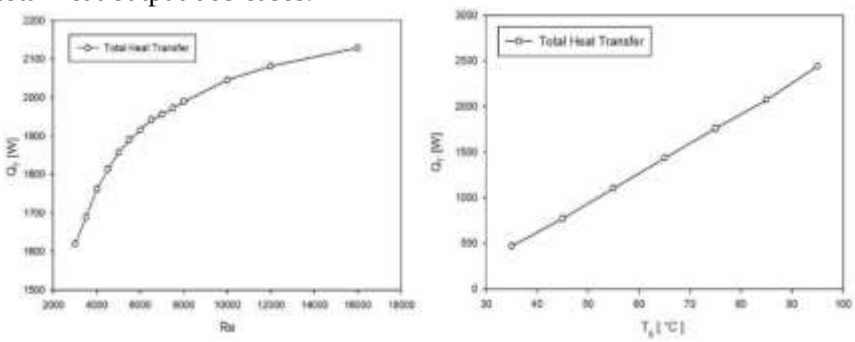


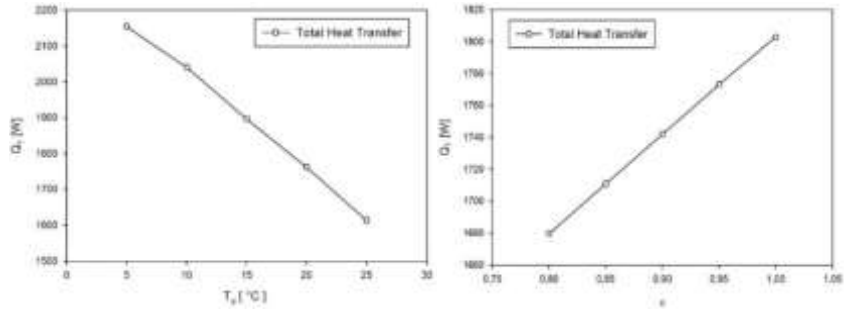
Figure 8. Comparison between numerical and experimental results on radiant surface temperature

Results for Total Heat Load

Fig. 9. shows the numerical results of the effect of Reynolds number, water inlet temperature, wall temperature and emissivity on the total heat output. It was observed that with the increase in Reynolds number, water inlet temperature and emissivity value, total heat output increases. On the other hand, it was observed that with the increase in wall temperature, the total heat output decreases.



(a) Reynolds number (b) Water inlet temperature

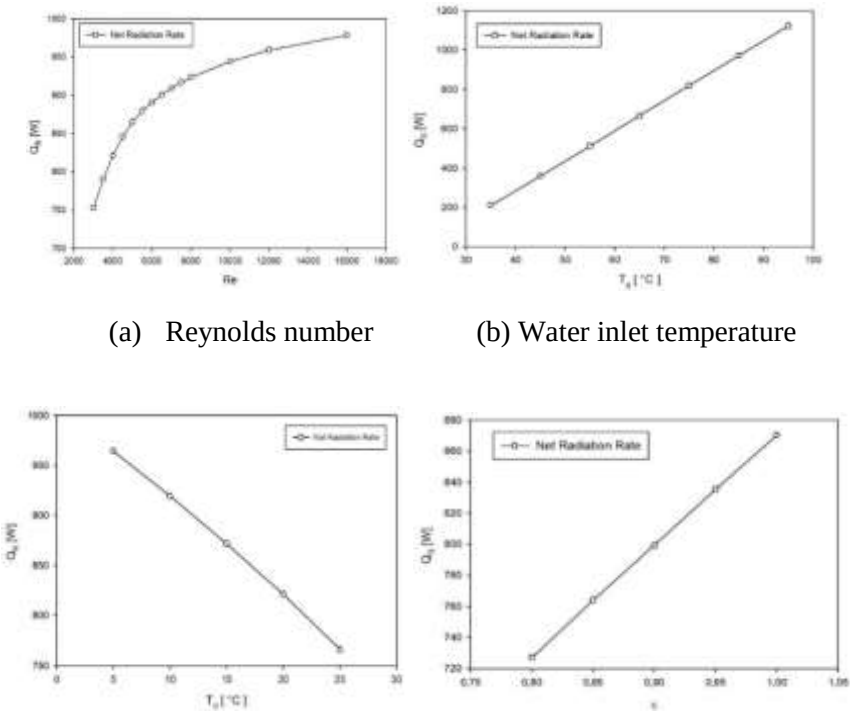


(c) Wall temperature (d) Emissivity

Figure 9. Effect of different parameters on total heat output

Results for Net Radiation Rate

Fig. 10. shows the numerical results obtained for different Reynolds numbers, water inlet temperatures, wall temperatures and emissivity on net radiation rate heat transfer. As can be seen, with the increase in Reynolds number, water inlet temperature and emissivity, the net radiation rate value increases. It was also observed that the increase in wall temperature decreases the net radiation rate.



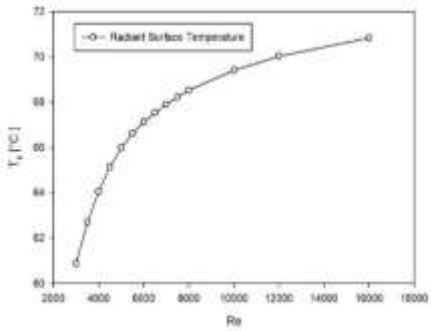
(a) Reynolds number (b) Water inlet temperature

(c) Wall temperature (d) Emissivity

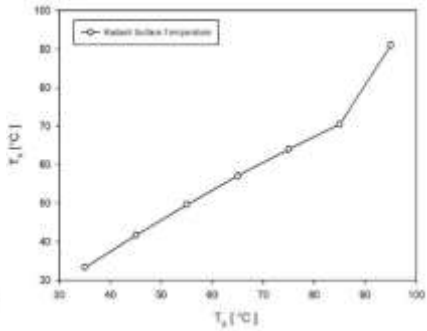
Figure 10. Effect of different parameters on net radiation rate.

Results for Radiant Surface Temperature

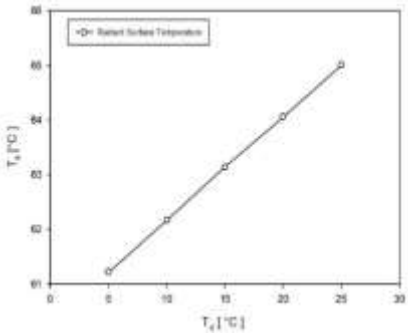
The effect of Reynolds number, water inlet temperatures, wall temperatures and emissivity on the radiant heater surface temperature has been shown on Fig. 11. It was observed that the increase in Reynolds number, water inlet temperature and wall temperature, increases the radiant surface temperature, while the emissivity has a decreasing effect on radiant surface temperature.



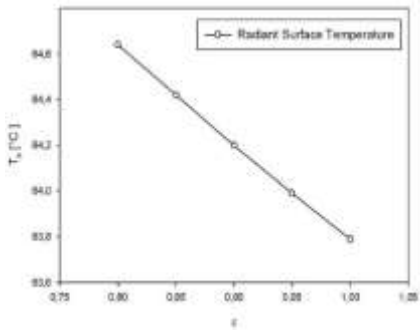
(a) Reynolds number



(b) Water inlet temperature



(c) Wall temperature



(d) Emissivity

Figure 11. Effect of different parameters on radiant surface temperature.

Conclusions

The main purpose of this study was to investigate the effects of Reynolds number, water inlet temperature, wall temperature and emissivity on total heat output, net radiation rate and radiant surface temperature of hydronic ceiling radiant heater. In this point, simulations have been performed for different parameters. Reynolds number, water inlet temperature, wall temperature and emissivity values were investigated in the range of 3000 to 16000, 35°C to 95°C, 5°C to 25°C and 0.80 to 1.00, respectively. The test room and radiant panel heater dimensions were kept constant and all test room walls were assumed as adiabatic.

Under these conditions, it was observed that with the increase of Reynolds number and water inlet temperature, total heat output, net radiation rate and radiant surface temperature increase. The reasons can be listed as follows; as the Reynolds number increases, the mass flow rate increases and therefore the radiant surface temperature increases. Similarly, the increase in water inlet temperature has the same effect. On the other hand, with increase in the wall temperature, total heat output and net radiation rate decreases, whereas radiant surface temperature increases. This is due to decrease in the difference between wall temperature and radiant surface temperature. With the increase in emissivity, total heat output and net radiation rate increases and the radiant surface temperature decreases slightly as 0.8 °C. The findings of this study showed that the numerical results are confirmed by accredited results and the test appliance has proper parameters.

Acknowledgement

Financial support of this study by the research fund of Gazi University under Grant No. BAP 06/2018-10 is gratefully acknowledged.

References

Calisir T, Baskaya S, Yazar HO. Heat Output of Panel Radiators at Different Height and Length for an Efficient Use. 3rd International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences (ICETAS) July 17-21 2018

Commarata G, Petrone G (2015). Numerical Simulation of Radiant Ceiling Panels for Indoor Cooling. 33rd UIT (Italian Union of Thermo-fluid-dynamics) Heat Transfer Conference. Journal of Physics: Conference Series 655 (2015) 012023. Doi: 10.1088/1742-6596/655-1-012023

Gemici Z (2017). Experimental Examination of Thermal Comfort Performance of a Radiant Wall Panel System: Comparison Between

Different Heating Wall Configurations. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 37, 1, 69-78

Kanbur BB, Atayilmaz ŞÖ, Koca A, Gemici Z, Teke İ (2013). Investigating the Heat Fluxes of Radiant Heating Panels with CFD Method. ULIBT'13 19.National Thermal Science and Technology Congress, Samsun- Turkey. https://www.researchgate.net/publication/258997266_ınvestigating_the_Heat_Fluxes_of_Radiant_Panels_with_CFD_methodin_Turkish

Kegel, M. (2006). Experimental and Analytical Analysis of Perimeter Radiant Heating Panels. (Master of Applied Science Thesis). University of Waterloo, Ontario, Canada. UWSpace. http://hdl.handle.net/10012/2867

Koca A, Gemici Z, Topacoglu Y, Cetin G, Acet RC, Kanbur BB (2014). Experimental Investigation of Heat Transfer Coefficients Between Hydronic Radiant Heated Wall and Room. Energy and Buildings 82 : 211-221

Seyam S, Huzayyin A, El-Batsh H, Nada S (2014). Experimental and Numerical Investigation of the Radiant Panel Heating System Using Scale Room Model. Energy and Buildings 82 :130-141

Tyre-Gingras M, Gosselin L (2012). Comfort and Energy Consumption of Hydronic Heating Radiant Ceilings and Walls Based on CFD Analysis. Building and Environment 54 : 1-13

FONKSİYONEL OLARAK DERECELENDİRİLMİŞ Al_2O_3 /AA5083 ve AA5083 KÖPÜK YAPIDAN OLUŞAN MALZEMELERİN DEĞİŞEN KADEME KALINLIKLARINA GÖRE MİKRO YAPISAL KARAKTERİZASYONU

Hande Ardıçoğlu[1], Henifi Çinici[1]
[1]Gazi University, Technology Fac., Metallurgy and Materials Eng. Dept., 06500-Teknikokullar / Ankara

ÖZ

Günümüzde birçok alanda kullanılan fonksiyonel derecelendirilmiş malzemelerde (FDM) derecelendirilmiş yapı sayesinde fiziksel ve kimyasal özelliği birbirinden farklı olan iki malzeme arasında farklı ısıl genleşme katsayılarından dolayı oluşan ısıl gerilmeler azaltılır ve iki malzeme arasında ani değişmelerden meydana gelen olumsuzluklar minimize edilebilir. Bu çalışmada, fonksiyonel olarak derecelendirilmiş Al_2O_3 ve AA5083 alaşımlarından oluşan köpük malzemelerin kademe kalınlığına bağlı olarak değişen mikro yapıları incelenmiştir. Bu kapsamda, bir yüzeyi %100 alüminyum köpük, diğer yüzeyi ise fonksiyonel olarak derecelendirilmiş ve oranları %10,20,30,40,50,60 olarak değişen Al_2O_3 içerikli kademeli kompozit yapıya sahip fonksiyonel derecelendirilmiş köpük malzemeler üretilmiştir. 3 farklı gruptaki köpük malzemelerin boyutları sırasıyla 60x60x24 mm 60x60x36 mm 60x60x48 mm'dir. AA5083, Al2O3ve TiH2 tozları hassas terazide tartılmış ve tartılan tozlar yüksek enerjili ve üç boyutlu karıştırıcıda karıştırılmıştır. Karıştırılan tozlar 500 0 C sıcaklık ve 300 Mpa basınç altında sıkıştırılarak blok numuneler elde edilmiştir. Elde edilen toz metal blok numuneler 24-36-48 mm (1-1.5 ve 2 inç) kalınlıklarında fonksiyonel olarak derecelendirilmiş köpük malzemeler üretilmiştir. Üretilen fonksiyonel derecelendirilmiş köpük malzemelerin kademeler arasındaki ara yüzeyin mikro ve makro sertlik ölçümleri ve SEM analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fonksiyonel Derecelendirlmiş Malzeme (Fgm) , Kompozit Malzeme.

Micro Structural Characterization of Functionally Graded Materials Al_2O_3 / AA5083 and AA5083 Foam Structure According to Variable Grade Thickness

Abstract

Thanks to the graded structure of functional graded materials (FGM) used in many fields, thermal stresses due to different thermal expansion coefficients are reduced between the two materials whose have different physical and chemical properties and the negativities caused by sudden changes between the two materials can be minimized.In this study, the microstructure of functionally graded foam materials that are composed of Al2O3 and AA5083 alloys depending on the grade thickness was investigated.In this context, one surface is 100% aluminum foam, the other surface have changing ratios of 10,20,30,40,50,60% functional graded foam materials with graded composite structure containing Al2O3 were produced. The dimensions of the foam materials in 3 different groups are 60x60x24 mm 60x60x36 mm 60x60x48 mm respectively.The AA5083, Al2O3 and TiH2 powders are weighed on a precision scale and the weighed powders are mixed in a high-energy and three-dimensional mixer. Mixed powders were compressed under 500 0 C temperature and 300 Mpa pressure to obtain block samples. The resulting powdered metal block samples were manufactured to functionally graded foam materials in thicknesses of 24-36-48 mm (1,1.5 and 2 inches). Micro and macro hardness measurements and SEM analyzes of the interface between the stages of the functional graded foam materials were performed.

Keywords: Functionally Graded Material (Fgm) , Composite Material

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüz teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, malzemelerin özelliklerini geliştirmek için bir çok çalışma yapılmaktadır. Özellikle hafiflik, dayanım ve sönümleme parametrelerinin büyük önem taşıdığı tasarımlar konularında çeşitli çalışmalara rastlanılmaktadır (1,2). Son yıllarda metalik köpk yapılar hafiflik ve enerji sönümleme kabiliyetlerinden dolayı sıkça tercih edilmektedir. En önemli özellikleri ise hafif olmalarıdır. Bunun yanı sıra, yönden bağımsız şekilde darbe ve titreşim sönümleyebilmeleri metalik köpük yapıları daha avantajlı hale getirmektedir (3,4). Metalik köpük yapılar içerisinde Al köpükler basınç

ve titreşim etkisine karşı enerji sönümleme kabiliyetleri ile performans sergilemiş yapılar olarak bilinmektedir (5). Al esaslı metalik köpüğün integral zırh malzemesinde kullanımı hem balistik performans hemde hafiflik açısından yapılan çalışmalara önemli katkılar sağlamıştır (6-8).

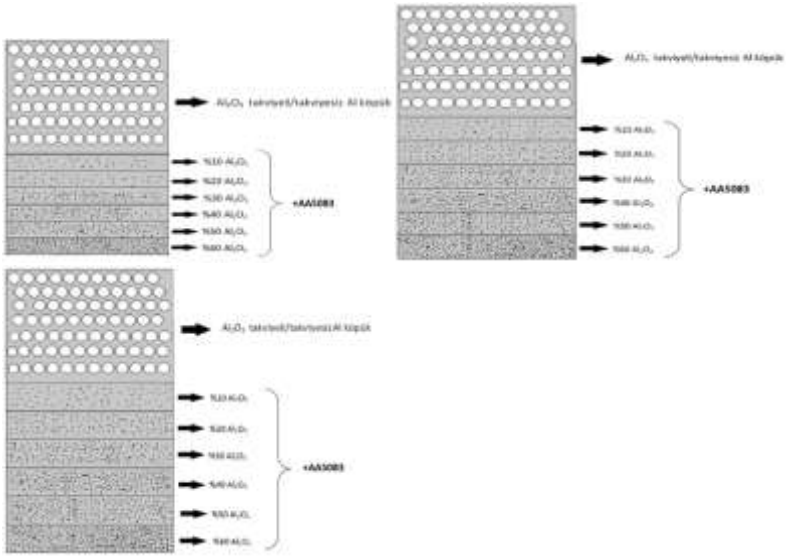
Teknolojik gelişmelere paralel olarak artan ve değişen ihtiyaçların karşılanabilmesi için malzemelerde kademeli veya değişken (heterojen) yapılara ihtiyaç duyulmuştur. Son yıllarda katmanlı veya kademeli yapılara örnek olarak fonksiyonel derecelendirilmiş malzemelere (FDM) sıklıkla rastlanmaktadır. Fonksiyonel erecelendirilmiş malzemeler kavramı 1984 yılında bir grup Japon bilim insanı tarafından ortaya çıkarılmıştır (9). Tabakalı yapılarda tabakalar arasında genellikle yapıştırıcı madde kullanılmaktadır. Bu durum, darbe veya patlama esnasında tabakalar arasında yırtılma veya ayrılma gibi problemlere neden olmaktadır. Fonksiyonel derecelendirilmiş malzemeler, fiziksel ve kimyasal olarak bir birlerinden farklı özellikler taşıyan iki malzeme arasında farklı ısıl genleşme katsayılarından dolayı oluşan ısıl gerilmeler derecelendirilmiş yapılarından dolayı azaltılır. Böylece iki malzeme arasında ani değişmelerden dolayı meydana gelebilecek olumsuzluklar minimize edilebilir (10-14).

FDM yapılar, elektronik endüstrisi, yüksek sıcaklık uygulamaları, uzay araçları ve medikal uygulamalarda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (10-14). Fonksiyonel derecelendirilmiş malzemeler ihtiyaç duyulan tasarıma bağlı olarak farklı yöntemler ile üretilebilirler. Fonksiyonel derecelendirilmiş malzeme üretiminde geniş bir alanda malzeme kullanımına olanak sağladığı için toz metalurjisi yöntemi dikkat çekmektedir.

Bu çalışmada, kademe kalınlıkları farklı olan AA5083/Al2O3 partiküllerinden ve AA5083 köpükten oluşan 7 kademeli fonksiyonel derecelendirilmiş malzeme üretilerek kademe kalınlığının özelliklere etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda, bir yüzeyi %100 alüminyum köpük, diğer yüzeyi ise fonksiyonel olarak derecelendirilmiş ve oranları %10,20,30,40,50,60 olarak değişen Al_2O_3 içerikli kademeli kompozit yapıya sahip fonksiyonel derecelendirilmiş köpük malzemeler üretilmiştir. Yapılan çalışmada kademelerden birini oluşturan köpük yapıda köpürtme işlemleri uygulanmamıştır.

2. **MATERYAL VE METOD** (MATERIAL and METHOD)

Her kademe için ayrı ayrı tartılarak hazırlanan AA5083 (<150 μm) tozu ile Al_2O_3 (<10 μm) tozları 3 boyutlu karıştırıcıda karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım tozlar sıcak presleme kalıbı içerisine kademeleri oluşturacak şekilde yerleştirilerek 500 °C sıcaklık ve 300 MPa basınç altında FDKM üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen FDM'lerin bir yüzeyi %100 alüminyum köpük, diğer yüzeyi ise fonksiyonel olarak derecelendirilmiş ve oranları %10,20,30,40,50,60 olarak değişen Al_2O_3 içerikli kademeli kompozit yapıya sahiptir. 3 farklı gruptaki köpük malzemelerin boyutları sırasıyla 60x60x24 mm 60x60x36 mm 60x60x48 mm'dir. Üretilen FDKM'nin şematik resmi Şekil 1'te verilmiştir.



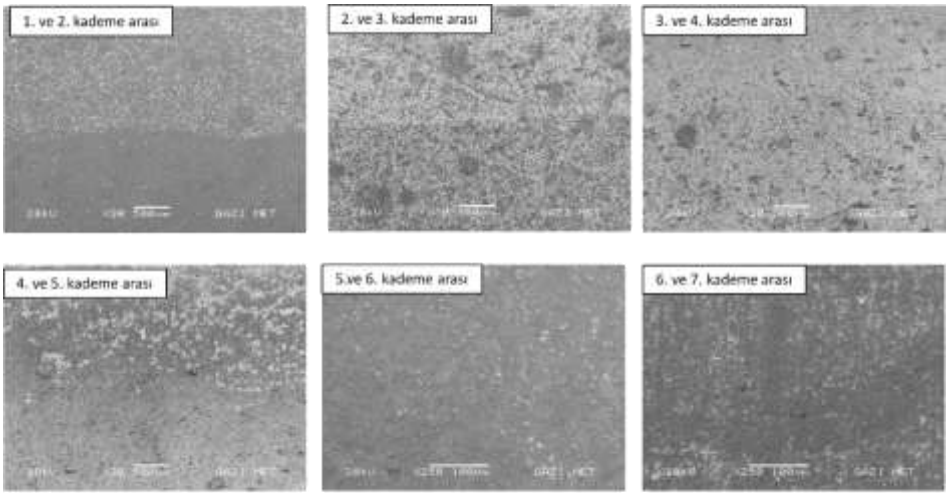
Şekil 1: Kademe kalınlıkları 2,4,6 mm olan FDM ve Al köpükten oluşan FDKM zırh malzemesinin şematik gösterimi

Numunelerin brinell sertlik ölçümleri, ASTM E 10 - 84'e karşılık gelen sertlik ölçüm (Emco Test Duravision 2000) cihazında 2,5 mm çapa sahip bilye tipi uç kullanarak 31.25 kgf yük altında yapılmıştır. Sertlik ölçümleri her bir kademe ve ara yüzeyden ayrı ayrı olmak üzere beş ölçüm yapılmış

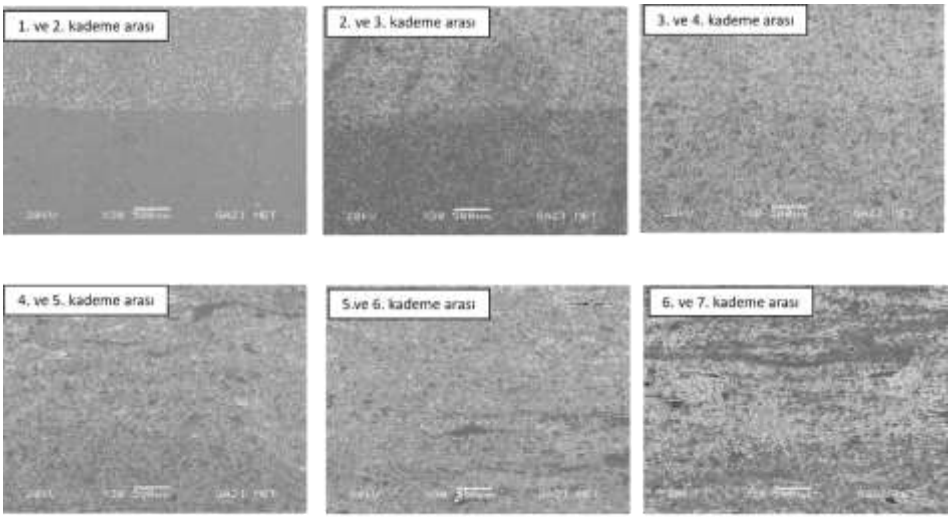
ve ortalama değerler kullanılmıştır. Üretilen numunelerin mikroyapısal analizleri SEM ve XRD kullanılarak karakterize edilmiştir.

3. **SONUÇLAR VE TARTIŞMA** (RESULTS AND DISCUSSION)

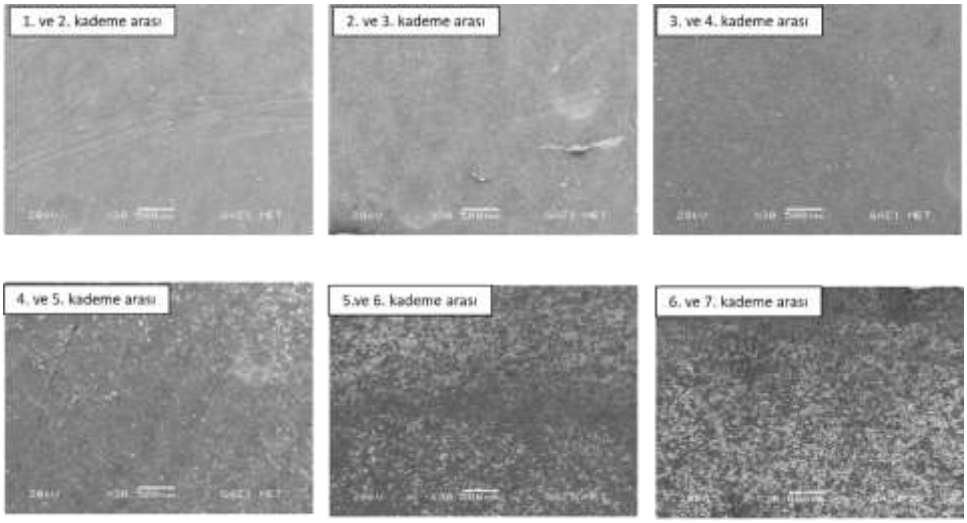
Farklı kadaeme kalınlıklarına sahip FDKM'lerin kademeler arası SEM resimleri Şekil 2, 3 ve 4'te verilmiştir. Kademe kalınlığı 2 olan FDKM'lerde 1-2, 2-3, 3-4 ve 4-5 kademe geçişlerinde arayüzey geçişleri belirgin iken 5-6 ve 6-7 kademelerdeki geçiş bölgelerinde kademe geçişleri kaybolmuştur. Kademe kalınlığı 4 olan FDKM'lerde 1-2, 2-3, ve 3-4 kademe geçişlerinde arayüzey geçişleri belirgin iken 4-5, 5-6 ve 6-7 kademelerdeki geçiş bölgelerinde kademe geçişleri kaybolmuştur. Kademe kalınlığı 6 olan FDKM'lerde ise kademe geçişlerinde arayüzey geçişleri geçişleri belirsizdir. Bununla birlikte kademelerdeki partikül artışıyla kademelerin renklerinin koyulaştığı görülmektedir.



Şekil 2 : Kademe kalınlığı 2mm olan numunenin kademeler arası SEM görüntüleri

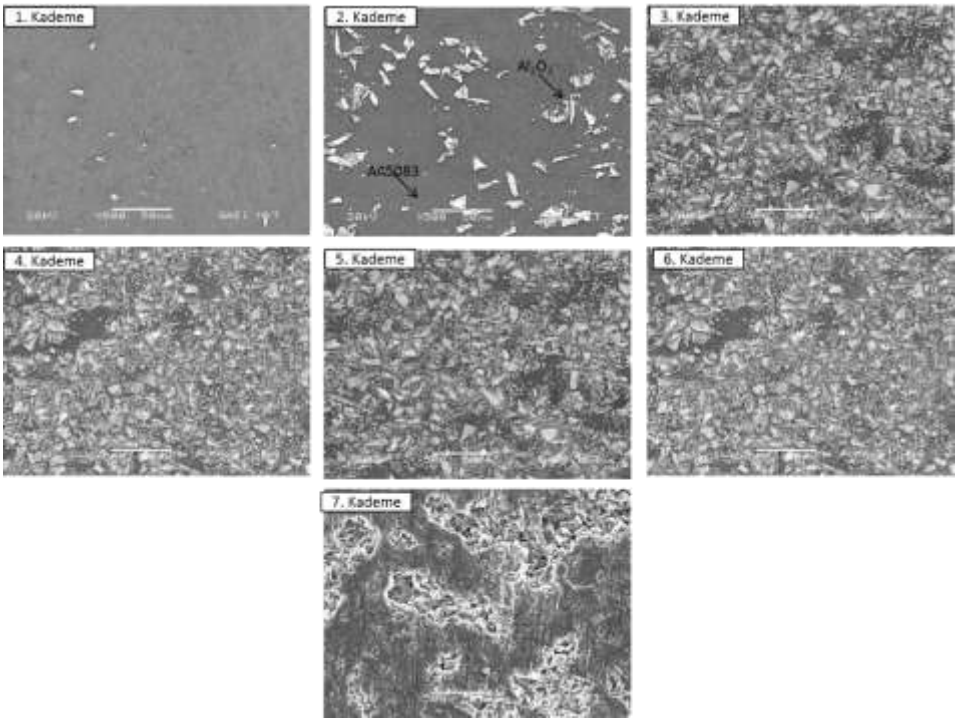


Şekil 3: Kademe kalınlığı 4 mm olan numunelerinin kademeler arası SEM görüntüleri



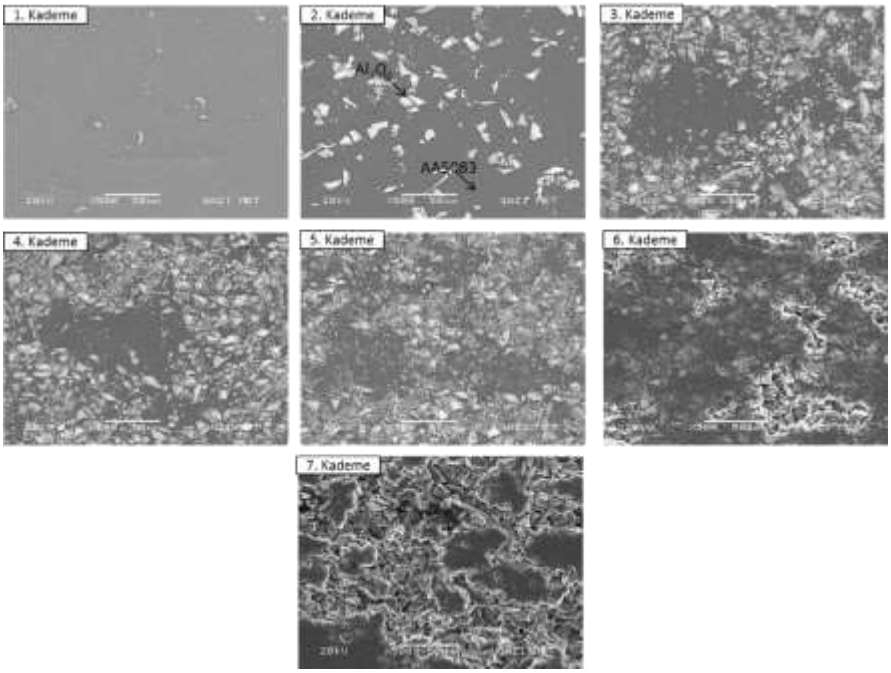
Şekil 4:Kademe kalınlığı 6mm olan numunenin kademeler arası SEM görüntüleri

Şekil 5'te verilen SEM resimleri incelendiğinde 2 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'lerin kademelerinde Al_2O_3 partiküllerinin homojen dağılım sergiledikleri görülmüştür. Kademelerdeki Al_2O_3 partikülleri oranının artışına bağlı olarak renk değişimi olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte partikül/matris arayüzeylerinde mikro boşlukların oluşmadığı gözlemlenmiştir. % 60 partikül ilaveli olan 7. kademede partiküllerde aglemerasyon oluştuğu ve partikül/matris arayüzey uyumsuzluklarının arttığı tespit edilmiştir.



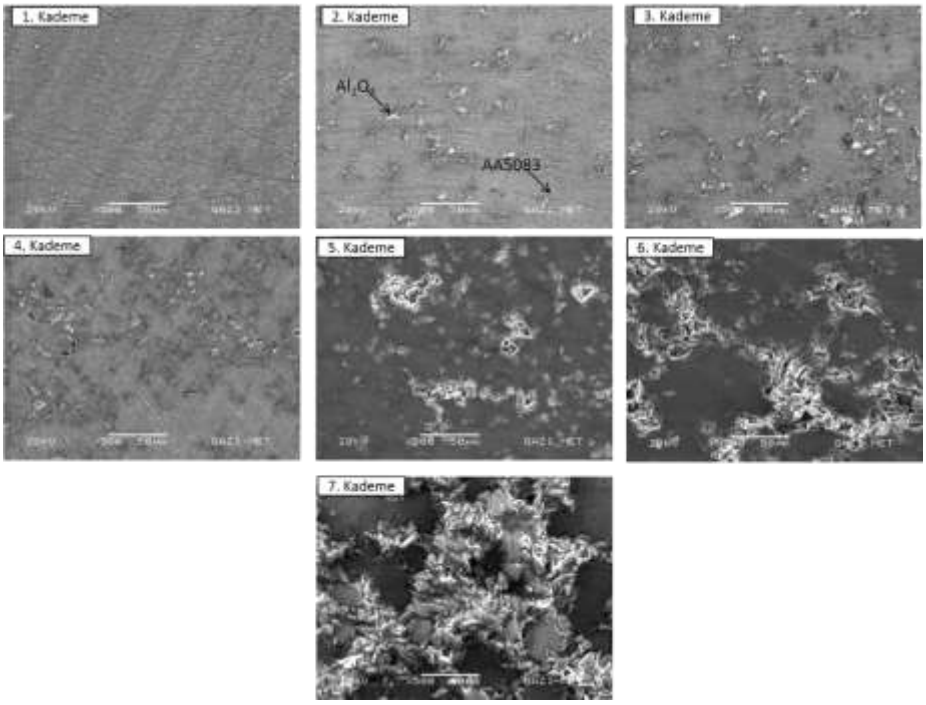
Şekil 5: Kademe kalınlığı 2 mm olan numunenin SEM görüntüleri

Şekil 6'da 4 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'lerin SEM resimleri verilmiştir. resimler incelendiğinde kademelerinde Al_2O_3 partiküllerinin homojen dağılım sergiledikleri görülmüştür. Kademelerdeki Al_2O_3 partikülleri oranının artışına bağlı olarak renk değişimi olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte partikül/matris arayüzeylerinde mikro boşlukların oluşmadığı gözlemlenmiştir. %50 ve % 60 partikül ilaveli 6. ve 7. kademede partiküllerde aglemerasyon oluştuğu ve partikül/matris arayüzey uyumsuzluklarının arttığı tespit edilmiştir.



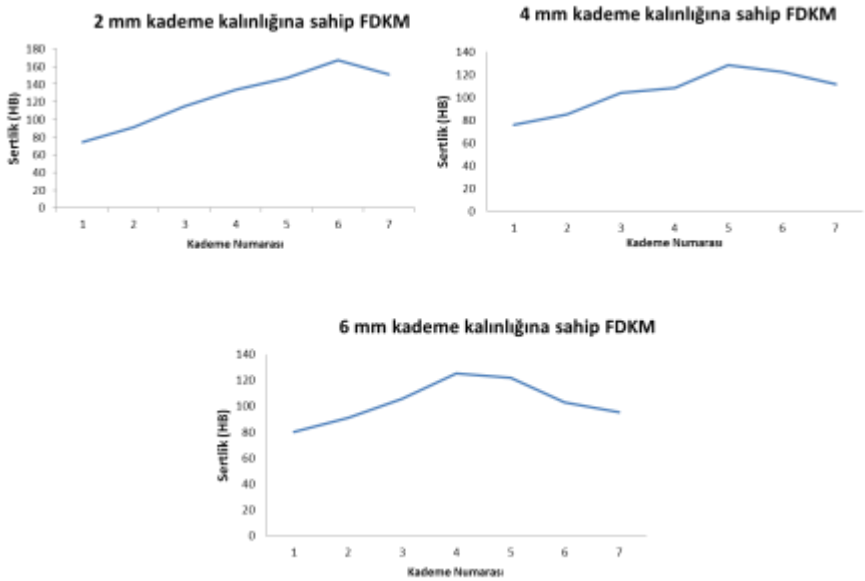
Şekil 6: Kademe kalınlığı 4 mm olan numunenin SEM görüntüleri

Şekil 7'de ise 6 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'lerin SEM resimleri verilmiştir. 6 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'lerde de kademelerindeki Al_2O_3 partiküllerinin homojen dağılım sergiledikleri görülmüştür. Kademelerdeki Al_2O_3 partikülleri oranının artışına bağlı olarak renk değişiminin bu numunelerde de olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte tüm kademelerde mikro gözeneklerin oluştuğu görülmüştür. Partikül/matris arayüzey uyumsuzlukları 5, 6 ve 7. Kadelerde meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca, 5, 6 ve 7. kademelerde partiküllerde aglemerasyon oluştuğu ve partikül/matris arayüzey uyumsuzluklarının arttığı tespit edilmiştir.



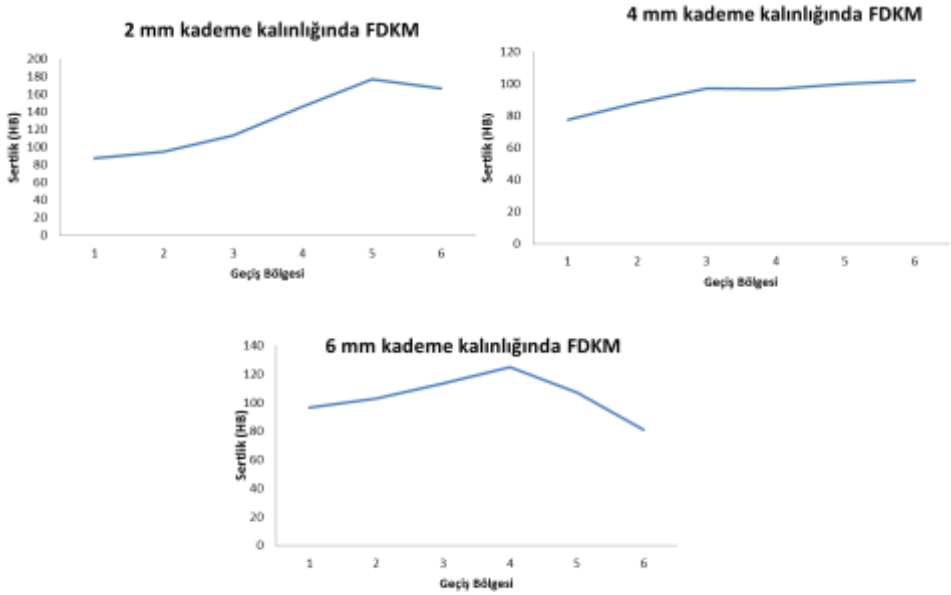
Şekil 7: Kademe kalınlığı 6 mm olan numunenin SEM görüntüleri

Kademe kalınlığına bağlı olarak FDKM'lerin kademelerinde ve kademelerin arayüzeylerinde meydana gelen sertlik değişimleri Şekil 8'de verilmiştir. 2 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'lerde en yüksek sertlik (167 HBN) %50 partikül içeren 6. kademede tespit edilmiştir. 7. Kademede ise sertlik değeri düşmüştür. 4 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'de en yüksek sertlik değeri (129 HBN) %40 partikül içeren 4. kademede elde edilmiştir. Kademe kalınlığının 6 mm olduğu FDKM'de en yüksek sertlik değerinin %30 partikül içeren 4. kademede 127 HBN olduğu tespit edilmiştir. 2 mm kademe kalınlığında sertlik değeri 6. Kademeden sonra düşerken 4 mm kademe kalınlığındaki FDKM'de 5. Kademeden sonra, 6 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'de ise 4. Kadememeden sonra sertlil değerleri düşmüştür.



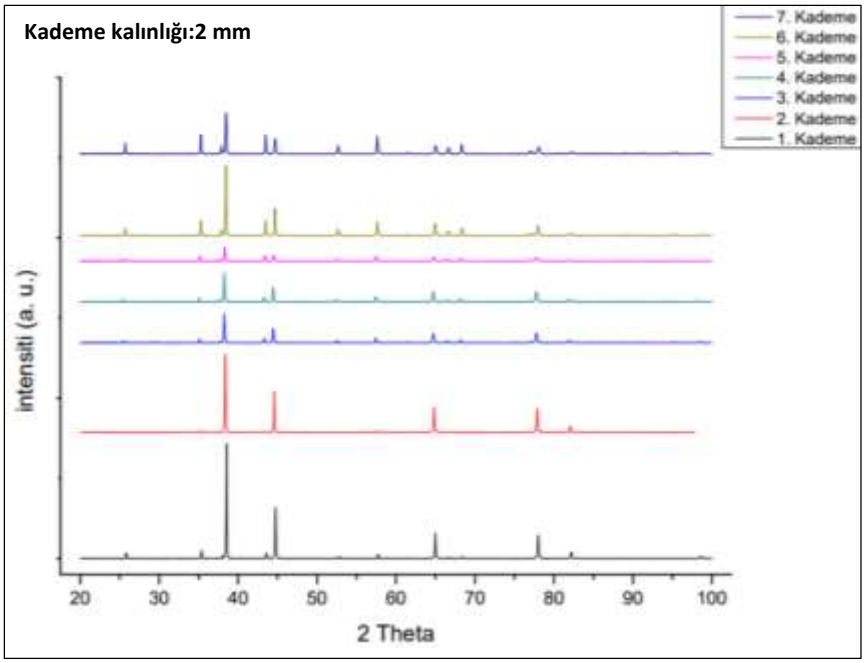
Şekil 8: Kademe kalınlığına bağlı olarak kademelerdeki sertlik değişimi grafikleri

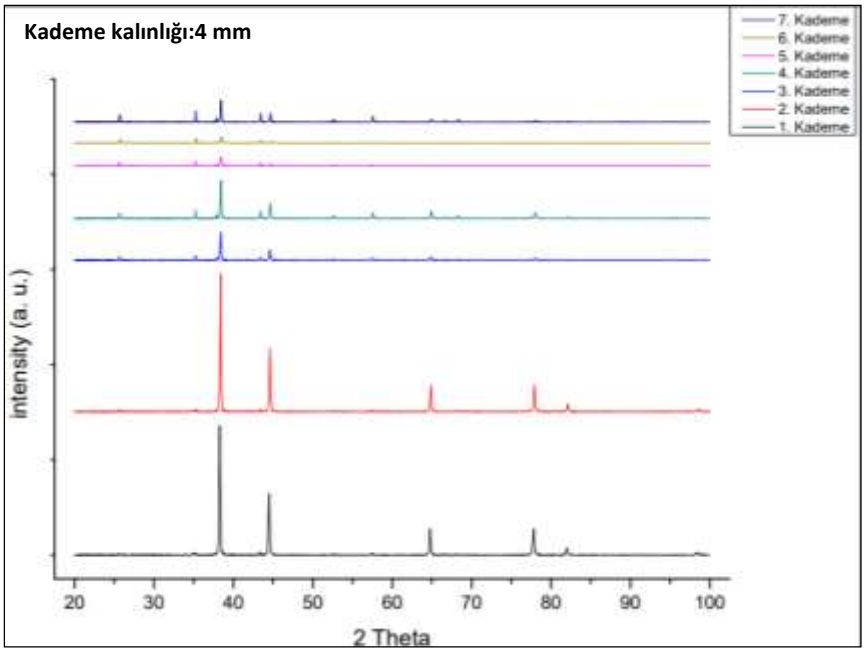
Kademelerin arayüzeylerinde meydana gelen en yüksek sertlik değeri, 2 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'lerde %50-%60 partikül içeren kademelerin geçiş bölgesinde (177 HBN), 4 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'lerde %50-%60 partikül içeren kademelerin geçiş bölgesinde (101 HBN) ve 6 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'lerde ise %40-%50 partikül içeren kademelerin geçiş bölgesinde (125 HBN) olduğu belirlenmiştir.

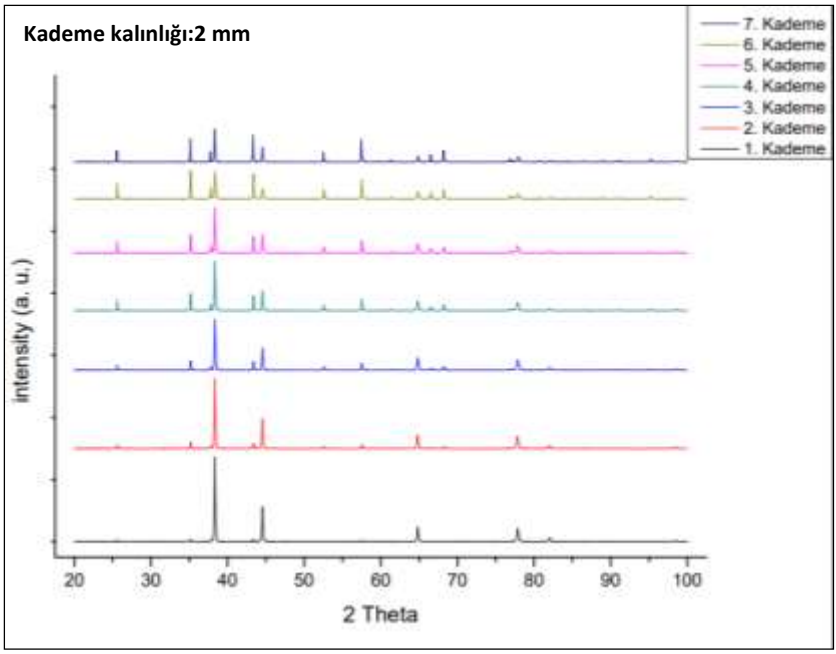


Şekil 9: Kademe kalınlığına bağlı olarak kademeler arasındaki sertlik değişimi grafikleri

Şekil 10'da 2, 4 ve 6 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'lere ait XRD grafiği verilmilştir. Grafikler incelendiğinde kademelerdeki partikül oranının artışına bağlı olarak pik şiddetlerinin azaldığı görülmüştür. Benzer şekilde kademe kalınlığının artması da pik şiddetlerinde azalmaya neden olmuştur. Bu durum, 2 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'lerde kademe kalınlığı daha ince olduğu için presleme esnasında uygulanan kuvvetin matris yapı ve dolayısıyla kristal kafes yapısı üzerinde etkili olduğu sonucunun göstermektedir. Kademelerdeki partikül oranı artışı ve kademe kalınlığındaki artış presleme esnasında sıkıştırılabilirliği azalttığı düşünülmektedir. Bu durum, Kristal kafes yapısında düzensizliğe neden olmuş dolayısıyla da pik şiddetlerinin azaldığı sonucuna varılabilir.


Kademe kalınlığı:2 mm
7. Kademe
6. Kademe
5. Kademe
4. Kademe
3. Kademe
2. Kademe
1. Kademe
intensiti (a. u.)
20
30
40
50
60
70
80
90
100
2 Theta


Kademe kalınlığı:4 mm
7. Kademe
6. Kademe
5. Kademe
4. Kademe
3. Kademe
2. Kademe
1. Kademe
intensity (a. u.)
20
30
40
50
60
70
80
90
100
2 Theta



Şekil 10. 2, 4 ve 6 mm kademe kalınlığına sahip FDKM'lerin XRD analizleri

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Yapılan çalışma sonrasında elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Makro sertlik test sonuçlarına göre kademe kalınlığı arttıkça sertlik değerlerinde azalma meydana gelmiştir. En yüksek sertlik değeri A grubu numunenin 6. kademesinde 167 HB olarak elde edilmiştir.
2. Yapılan SEM analizleri sonucunda her grup numunede , Al_2O_3 partikülleri AA5083 matris içinde homojen olarak dağılmış ve artan kademelerdeki Al_2O_3 oranı arttıkça beyaz fazlarda da artış gözlemlenmiştir.
3. Artan partikül oranıyla birlikte matris ve partikül arasında mikro boşluklar oluşmuş ve matris / partikül ara yüzey uyumsuzluğu meydana gelmiştir.
4. XRD ile her numune grubu için gerçekleştirilen analizlerde, AA5083 oranının en fazla olduğu 1. kademelerde peak şiddeti en yüksektir. Al_2O_3 oranı arttıkça peak şiddetlerinde de azalma meydan gelmiştir. Genel olarak kademe kalınlığı arttıkça peak şiddetleri azalmıştır.

KAYNAKLAR

1) **Reglero, J.A., Rodriguez-Perez, M.A., Solorzano, E., De Saja, J.A. 2011, "Aluminium foams as a filler for leading edges: Improvements in the mechanical behaviour under bird strike impact tests", Materials and Design, 32, 907–910.**
2) **Esmaeelzadeh, S., Simchi, A., Lehmhus, D., 2006, "Effect of ceramic particle addition on the foaming behavior, cell structure and mechanical properties of P/M AlSi7 foam", Materials Science and Engineering A, 424, 290–299.**
3) **Cui, L., Kiernan, S., Gilchrist, M.D. 2009, "Designing the energy absorption capacity of functionally graded foam materials", Mater Sci Eng A, 507, 215–225.**
4) **Cui, L., Forero Rueda, M.A., Gilchrist, M.D. 2009, "Optimisation of energy absorbing liner for equestrian helmets. Part II: Functionally graded foam liner". Mater. Des., 30, 3414–3419.**
5) **Gupta, N., 2007, "A functionally graded syntactic foam material for high energy absorption under compression", Mater. Lett., 61, 979–982.**
6) **Chittineni, K., Woldesenbet, E.. 2010 "Characterization of integrated functionally gradient syntactic foams", J Eng Mater-Trans ASME, 132, 011005–7.**
7) **Shiqiang, L., Zhihua, W., Guiying, W., Longmao, Z., Xin, L., 2014, "Dynamic response of sandwich spherical shell with graded metallic foam cores subjected to blast loading", Composites: Part A 56, 262–271.**
8) **Bazle, A.G., Travis A.B., Bruce K.F., Chin-jye Y., Dennis C.T., Harald H.E., John W.G., 2001 "Alüminium foam integral armor: a new dimension in armor design" Composite Structures 52,381-395.**
9) **Zhang, X., Zhang, H., 2013. "Optimal Design Of Functionally Graded Foam Material Under İmpact Loading", International Journal of Mechanical Sciences, 68, 199–211.**
10) **Mahamood M.R., Esther T., Member, A., IAENG, S., Mukul, P. Sisa., 2012. "Functionally Graded Material: An Overview", Proceedings of the World Congress on Engineering Vol III WCE**
11) **Taheri, A.H., Hassani, B., Moghaddam, N.Z., 2014. "Thermo-Elastic Optimization of Material Distribution of Functionally**

Graded Structures by an Isogeometrical Approach", International Journal of Solids and Structures, 51, 416–429.

12) **Mehboob, H., Chang, S.H., 2014. "Evaluation of The Development of Tissue Phenotypes: Bone Fracture Healing Using Functionally Graded Material Composite Bone Plates", Composite Structures, 117, 105–113.**
13) **Zhu, J., Lai, Z., Yin, Z. , Jeon, J. , Lee, S., 2001. "Fabrication of ZrO2–NiCr Functionally Graded Material by Powder Metallurgy", Materials Chemistry and Physics, 68, 130–135.**
14) **Nemat-Alla, M. M., Ata, M. H., Bayoumi, M. R., Khair-Eldeen, W., 2011, "Powder Metallurgical Fabrication and Microstructural İnvestigations of Aluminium/Steel Functionally Graded Material," Materials Sciences and Applications, 2, 1708-1718.**

AGRUCULTURAL SCIENCES / ZİRAAT BİLİMLERİ

TARIM AÇISINDAN BİTKİ PARAZİTİ NEMATOD (NEMATODA)'LARIN ÖNEMİ

İlker Kepenekci*
**Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tokat, Türkiye*
E-mail: kepenekci@gmail.com

Giriş

Nematodlar, Eumetazoa altaleminden Pseudocoelemata (yalancı vücut boşluğu olan hayvanlar) altkümesinde yer alan yuvarlak solucanlar. Bunlar, birçok habitatta yoğunluk açısından ilk sırada yer alır. Nematodlar pek çok yerde, bitki ve hayvanlar üzerinde parazit, toprakta ve mikroorganizmalar üzerinde serbest, olarak yaşayan türleri vardır. Birçok türleri de bitkilerin çeşitli kısımlarında beslenir ve zararlı olurlar. Bitkilerde beslenen ve zarar yapan bu gibi nematodlara bitki paraziti nematod (BPN) adı verilir. Tarımın olduğu her alanda BPN'lere rastlamak mümkündür. Daha doğrusu BPN'ler bitkilerin olduğu ve yaşayabildiği her yerde yaşama yeteneğine sahiptirler. BPN'ler, birçok kültür bitkisinin çeşitli aksamlarında beslenerek ürün kayıplarına neden olmaktadırlar. Nematodların özellikle bitkilerin kök sisteminde meydana getirdikleri zararlar sonucu verim ve ürün kalitesi büyük ölçüde düşmekte ve üretimi ekonomik olmaktan çıkarmaktadır.

Türkiye'de BPN'lere ait ilk kayıt Ekrem Oktar ve Nihat İyriboz tarafından 1934 yılında Samsun'da bir tetkik gezisi sonucu şeker pancarında kök-ur nematodlarını tespit etmeleri ile başlamış fakat sonradan önemi üzerinde gereken araştırmalar yapılmamış ve 1948 yılına kadar unutulup gitmiştir (Diker 1952). Türkiye'de 1999 yılı ortalarına kadar yapılan nematolojik çalışmaların derlendiği araştırmada 49 bölge ve 59 farklı konukçuda 172 BPN türün literatür kayıtlarına geçtiği bildirilmektedir (Ökten vd 2000). Bu sayı her yıl artmakta olup günümüzde 240 türe ulaşmıştır (Kepenekci 2014). Nematolojik açıdan Türkiye'de 1999 yılından itibaren yapılan çalışmalarda birçok kültür bitkisinde (anason, ayçiçeği, börülce, çilek, bağ, ceviz, çay, elma, erik, fasulye, fındık, haşhaş, kayısı, kestane, kivi, mercimek, nohut, sebze, susam, şeftali, tütün, yerfıstığı ve zeytin) ilk kez BPN türlerinin tespit edildiği ifade edilmektedir (Kepenekci 2012). Saptanan türlerin büyük bir kısmının Türkiye faunası için ilk kayıt olduğu ifade edilmektedir. Türkiye'de BPN'ler konusunda yapılan birçok çalışma mevcut olmasına rağmen hala yeterli düzeyde değildir. Türkiye'de BPN'lere ait türlerin büyük bir kısmı son yıllarda yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.

Türkiye'de BPN'lerin önemli derecede zarar oluşturduğu kültür bitkileri içinde patates, çeltik, meyveler, bağ ve sebzeler önemli bir konumdadır. Bu

bitkiler; karantinaya tabi, tohum fidan sertifikasyonu açısından önem taşıyan BPN'lere konukçuluk yapmaktadır. Bu nematodlar, mücadelelerinin zor olması ve üretim materyalleri ile taşınması gibi sebeplerden dolayı önemlidir.

Bitki Paraziti Nematodların Genel Özellikleri

Nematodlar genellikle renksiz ve saydamdırlar. Fakat, aldıkları besinlere göre farklı renklerde görülebilirler. Birçok BPN türünün görünüşü iplik şeklinde olmasına rağmen, bazı türlerin dişilerinde vücut şekli değişiklik göstermektedir. Bu türlerin ergin dişilerinin vücutları torba, armut, küre veya limon şeklindedir (Şekil 1). Ergin erkekler ise solucan benzeri ince uzun ve silindir şeklindedir. Nematodların ergin öncesi dönemlerine böceklerde olduğu gibi larva ismi verilir. Larvalar genellikle dört gömlek değiştirdikten sonra ergin olurlar. Bazı BPN türleri kuraklık ve besinsizlik gibi uygun olmayan koşullarda farklı dönemlerde uyuşuk halde canlılıklarını yıllarca sürdürebilirler. Eğer koşullar uygunsa bütün yıl devamlı çoğalarak zararlarına devam ederler.

Toprağın yapısı ve nem durumunun nematodlar üzerinde etkisi fazladır. Toprak yüzeyi kuru olduğu zaman aşağıya ve yüzeydeki nem uygun şartlara döndüğü zaman tekrar yukarıya doğru hareket ederler. Konukçu bitkilerin kök sisteminin derinliğine bağlı olarak 3-6 m'ye indikleri görülebilse de, nematodların en yoğun oldukları toprak derinliği 10-30 cm'dir. Nematodlar alüvyonlu ve kumlu toprakları çok severler. Toprağın nemli olması nematodların faaliyetini artırmaktadır. Bu nedenle, toprak neminin çok değiştiği toprak yüzeyinden itibaren 5 cm'e kadar olan derinliklerde nematodlara çok az rastlanır veya hiç rastlanmaz. Nematodlar toprakta çok ağır hareket ederler. Uygun koşullarda yılda çok sayıda generasyon vermelerine rağmen bulundukları yerde kendi hareketleri ile yayılmaları çok kısa mesafelerde olur. Nematodların büyük bir çoğunluğu kendi hareketleri ile toprakta yılda azami 1 m yol alırlar. Bu nedenle BPN'ler ile bulaşık yerler arazide yer yer (ocaklar halinde lokal bölgelerde) belirtiler şeklinde kendini belli eder.

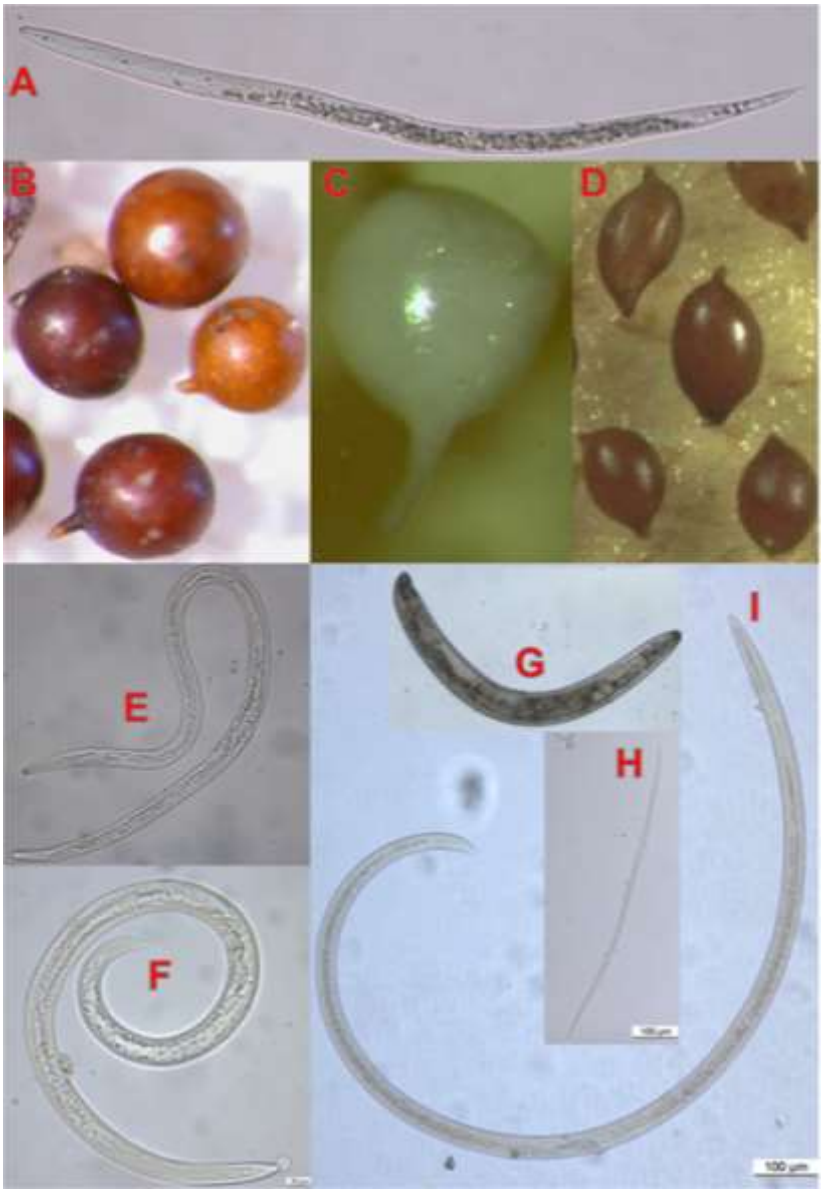
BPN'ler, özel bir beslenme organı olan stylete sahiptir (Şekil 2). Bu organ aracılığıyla cins ve hatta tür düzeyinde değişiklik gösteren beslenme şekillerine (ekdoparazit, endoparazit, yarı-ekdoparazit ve yarı-endoparazit) göre bitki dokularında beslenir. Beslenmeleri sırasında bitkilerde hücre gelişmelerine sebep olur, hücre bölünmesini ve bunu takiben hücre büyümesini teşvik eder.

Bitkilerde BPN'lerin mekanik etkilerine ilave olarak bünyelerindeki özel salgılarını hücrelere vererek biyokimyasal ve fizyolojik değişmelere yol açar. Sürgün ucu gelişmesinin durması, gal veya ur teşekkülü, lokal yaraların oluşması, zamanla hücrelerden dokulara kadar ilerleyen zarar ile bitkilerin ölümüne, dolayısıyla büyük ekonomik zararlara sebep olurlar.

Bitki Paraziti Nematodların Morfolojik, Biyolojik, Fizyolojik ve Ekolojik Özellikleri

BPN'lerde, stomanın yerini stylet denilen organ almıştır (Şekil 2). Stylet, connus ve shaft olmak üzere iki bölümden oluşur. Genellikle styletin tabanında tokmaklar mevcuttur ve bu tokmakların şekilleri teşhiste önemli olup türlere göre değişiklik göstermektedir.

Nematodlarda boşaltım deliği üst kısımsa ve özofagus bölümünde yer almaktadır. Özofagus kas yapısında, içi kitinle döşeli ve üç salgı bezine sahiptir. Özofagus iyi gelişmiş olup birkaç bölümden meydana gelmektedir. Anüs alt bölümde yer alır ve kuyruk bölümünün başlangıcı olarak kabul edilir. Vulva orta veya alt kısma yakın yer almakta ve nematod gruplarına göre farklılık göstermektedir(Şekil 2). Genel olarak çift yumurtalıklı (Didelphic) olan nematod gruplarında vulva vücut ortasına yakın, tek yumurtalıklı (Monodelphic) olan nematod gruplarında kuyruk bölümüne yakın yer almaktadır.



Şekil 1. Bitki paraziti nematodların genel görünümü; kök-ur nematodu larvası (A) ve dişisi (C), patates kist nematodu (B), şeker pancarı kist nematodu (D), Bursaphelenchus (E), Helicotylenchus (F), Macroposthonia (G), Aphelenchoides (çeltik beyaz uç nematodu) (H) ve Xiphinema (kamalı nematodlar) (I).

Nematodların renkleri saydamdır. İç organları seçilebilecek yapıda açık sarı renkte ve bazen de barsaklarında bulunan çeşitli gıdaların renginde görünürler. Vücutları çok basit olarak iç içe iki tüpten meydana gelmiştir. Dış tüp vücut duvarını meydana getirmekte ve kütiküla, hipodermis ve kas dokusu tabakalarından oluşmaktadır. Beş ayrı dokudan oluşan kütiküla tabakası yalnız

vücudu dıştan çevrelemeyip stoma açıklığı, özofagus, rektum, üreme organlarının açıldığı kısımlar, boşaltım deliği ve bazı duyu organlarını da kaplamıştır (Şekil 2). Kütiküla tabakasını oluşturan dokuların üst, alt yanlarında kordon gibi dizilmiş sinirsel hücreler mevcuttur. Yine hareket etmede yardımcı kas dokuları da kütiküla içinde yer alır. Kütiküla tabakalarının kalınlıkları larva ve ergin dönemlerde farklı olmakla beraber bazı türlerde bu farklılık görülmez.

Nematodlarda bir larva döneminden diğerine geçişte yeni bir kütiküla tabakası oluşarak önceki atılır ve gelişen kütiküla tabakası çok kısa bir sürede kalınlaşır. Buna deri değiştirme denir.

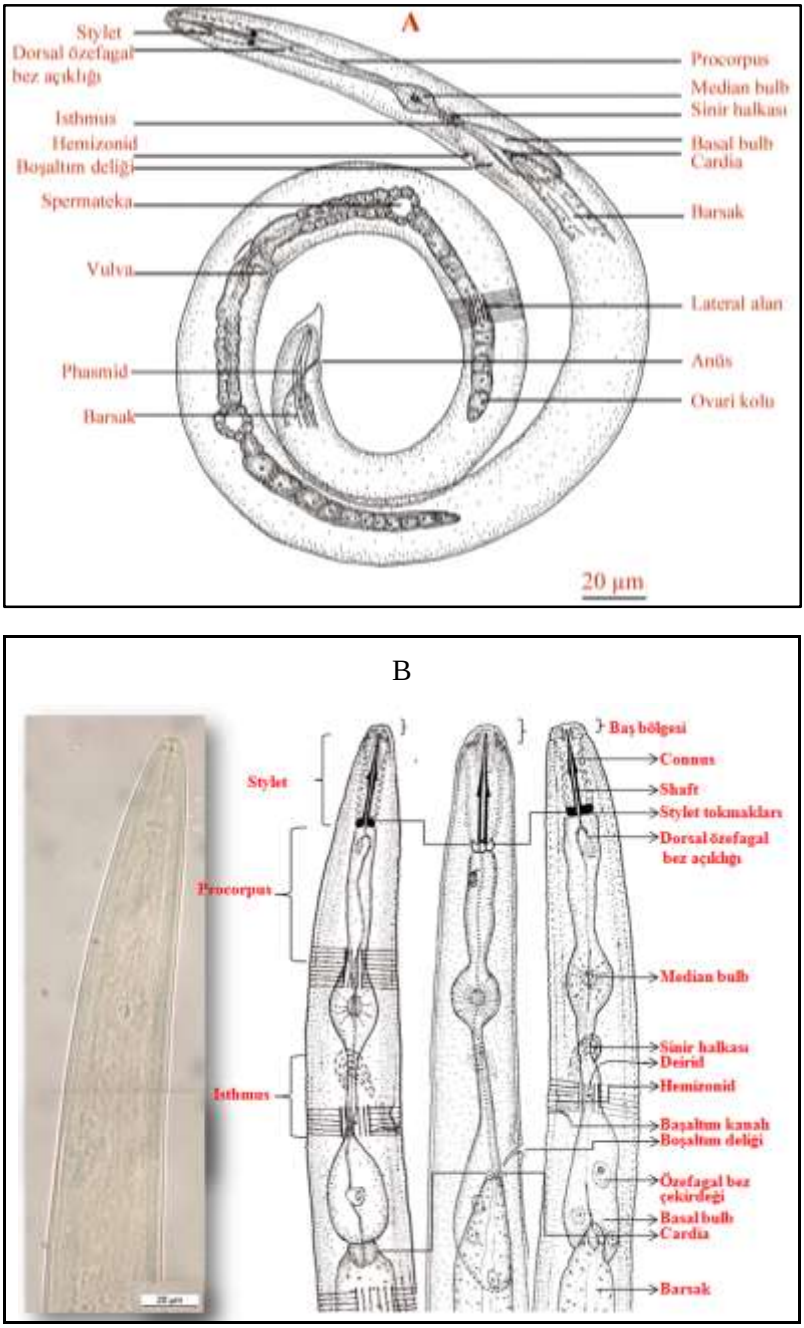
Nematodun kütikülasında çok ince çizgiler (striae) mevcut olmakla birlikte, bu ince çizgiler yüzeysel olduklarından ancak mikroskop altında yüksek büyütmelerde görülebilir. Kütiküla tabakası üzerinde boyuna ve enine yerleşmiş değişik şekil ve yoğunlukta bazı belirtiler veya işaretler bulunabilir. Kütiküla üzerinde belirli aralıklarla halkalar meydana getiren çöküntüler, enine işaretler olarak tanımlanır. Bunlar cins ve tür düzeyinde farklılık göstermektedir. Bu oluşumlar kütikülanın dış dokusunun iç dokusu üzerine katlanması şeklinde açıklanmıştır. Bu katlanma *Pratylenchus* cinsinde çok az, *Hoplolaimus* cinsinde daha geniş aralıklarla, *Criconema* ve *Criconemoides* cinslerinde ise çok belirgin bölümler meydana getirecek şekilde oluşmaktadır. *Meloidogyne* dişileri anal kesitlerinde görülen çizgiler şeklindeki yapının dış kütiküla tabakasının katlanması sonucu oluşmaktadır. Kütiküladaki boyuna yerleşmiş işaretlere örnek olarak BPN'lerin erkeklerinde bursa adı verilen ve çiftleşmede yardımcı olan yapıyı verebiliriz. Ayrıca lateral alan olarak tanımlanan ve vücut boyunca uzanan çizgi şeklinde belirtiler de kütiküla tabakası üzerinde bulunmaktadır. Bazı nematod türlerinde kütiküla tabakası üzerinde nokta veya çubuk şeklinde değişik sayı ve şekillerdeki işaretler, sadece yüzeydeymiş gibi görünürlerse de, bu işaretler alt kütiküla tabakalarına kadar inmektedir.

Hipodermis, kütiküla tabakasının hemen altında ince bir tabaka olarak devam etmektedir. Hipodermis içinde uzanan ve uzunlamasına olan vücut sinir hücrelerini taşıyan kordonlar karışık bir yapıya sahiptir. Salgı bezleri (hipodermal gland) bu tabaka içinde yer almaktadır. Salgı bezlerinin amphid, phasmid, deirid ve duyusal dudak bölgesi çıkıntıları gibi duyu organları ile ilişkisi olduğu bilinmektedir. Hipodermis yağ, glikojen gibi depo maddelerini ve bazı hayvan paraziti nematodlarda ise ilaveten hemoglobin ihtiva etmektedir.

Hipodermis tabakasının hemen altında yer alan kas dokusu, tek bir sıra halinde uzunluğuna gelişmiş elips veya oval şekilli kas hücrelerinden meydana gelmiştir.

Nematodlarda sindirim sistemi, ağız açıklığından anüse kadar uzanan iç tüp olarak düşünülebilir. Bir kanal görünümümde olan sindirim tüpü iki uçta kütiküla tabakası ile kaplanmıştır. Orta kısma karşılık gelen barsak ise kütiküla ile kaplı

olmamasından dolayı, diğer sindirim bölümlerinden farklı görünür. Alimenteri kanal olarak isimlendirilen sindirim kanalı stoma veya stylet, özofagus, barsak, rektum ve anüs gibi organlardan meydana gelmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Bitki Paraziti Nematodların genel vücut yapısı (Üst) ve baş ve özofagus bölgesinin yapısı (Alt) (Fotoğraf ve Çizimler İ. KEPENEKCİ).

Stoma, üst uçta bulunan ve ağız açıklığını meydana getiren bir tüp gibidir. Stomanın şekli ve büyüklüğü nematodun cinsine bağlı olarak farklılıklar gösterir. Silindir, prizma, oval, konik veya ince bir kanal şeklinde olabilir. Bazı cinslerin stomalarında yer yer sertleşme olabildiği gibi, bazılarının da stomalarında diş veya dişçikler bulunmaktadır.

Nematodlar, bitki paraziti olanlar herbivor, toprak ortamında bakterilerle beslenen bakterivor (*Monhystera, Panagrolaimus, Acrobeles, Cervidellus, Acrobeloides, Plectus* ve *Wilsonema* cinslerine ait nematod türleri), fungus miselleriyle beslenen fungivor (*Aphelenchus, Aphelenchoides* ve *Ditylenchus*), diğer nematodları avlayarak beslenen predatör (*Triphyla, Momystera, Odontopharynx, Diplogaster, Seinura* ve *Mermithid*) ve bütün bu sayılan besin kaynaklarıyla beslenebilen omnivor (*Mononchids* ve *Dorylaimid*) olarak değişik trofik gruplara ayrılmışlardır.

Bütün BPN'lerde stomanın yerini stylet denen organ almıştır (Şekil 2). Styletin, stomada belirgin olan sertleşmiş kısımların son embriyonik gelişme döneminde birleşmesinden meydana geldiğine inanılmaktadır. Stylet bir enjektör iğnesini andırır ve Tylenchidae türlerinde bu iğnenin alt bölümünde, üç adet yumru (tokmak) görünümünde olan biri üst (dorsal) diğer ikisi alta doğru (subventral) gelişmiş organcık yer almaktadır. Bunlar stylet tokmakları (Şekil 2) olarak isimlendirilir. Styletten özofagus kanalına açılan ince bir kanal mevcuttur. Stylet hareketini sağlayan kaslar üstte altı köşeli dudak bölgesinde, altta özofagus bölümünün başladığı bölgede tokmaklar çevresinde yer alır. Bu kasların styletin hareketi ve beslemedeki rolleri büyük bir önem taşımaktadır. Stylet uzunluğu ve tokmakların görünüşü nematod cinslerine ve türlerine göre farklılık göstermektedir.

Özofagus, silindir şeklinde bir tüptür. Styletin alt bölümüyle birleşmiştir. Bu tüp Tylenchida takımında üç bölümden, Dorylaimida ve Rhabditida takımlarında iki veya bir bölümden oluşmaktadır. Tylenchida takımına giren nematodlarda ortada şişkince bir bölüm mevcuttur. Bu kısım "median bulb" olarak isimlendirilmiştir. Bu kısma kas lifleri bağlanmıştır. Median bulbun enine kesiti 120°'lik açı ile birleşen üçlü (triradiate) bir kanal görünümündedir. Görevi styletle alınan gıdanın emilmesi ve emilen gıdayı da barsağa pompalamaktır. Özofagus biri üstte ve ikisi altta olmak üzere üç salgı kesesi ihtiva eder. Her bir kese (gland) bir çekirdeklidir. Üç kese birleşerek alt kısımlarında ampul şeklinde son bir kese meydana getirir. Bu kısım barsağa birleşmiş ve barsak üzerine uzanmış şekilde de olabilir. İki halde de üst salgı kesesi bir kanalla yukarı kısımda median bulba, altta barsağa bağlanan özofagus tüpüne açılır. Özofagus ile barsağın birleşme yerinde "cardia" denilen bir kısım vardır. Özofagus ile barsağın birleşme yeri nematod gruplarına göre farklılık göstermektedir. Cardia'lar,

özofagusun alt kısmı olan ve basal bulb olarak isimlendirilmiş bölümün tabanında olabildiği gibi bazen de farklı bölümlerinde yer alırlar (Şekil 2).

Üst salgı bezi açıklığı, çoğunlukla BPN'lerde styletin altında yer alır ve nadiren uzunluğu styletin boyunu geçer. Bu açıklık dorsal özofagal bez açıklığı (DOG) olarak isimlendirilmektedir (Şekil 2). Kanalın ağzı kıvrılır ve içeri doğru uzanır. DOG'ın konumu teşhiste önemlidir (örn. *Helicotylenchus* ve *Rotylenchus* cinslerinin ayrımında önemli bir taksonomik karakterdir). *Aphelenchoides* cinsine ait türlerde, DOG median bulb içinde yer almaktadır.

Barsak, basit bir tüp şeklindedir ve bir hücre kalınlığında deri tabakası ile kaplıdır (Şekil 2). Depo organı olarak görev yapmaktadır. Yapısında yağ cisimcikleri, protein, yağ asitleri ve glikojen bulunmaktadır. Mikroskop altında sıra halinde dizilmiş birçok granüler yapıdaki cisimlerden meydana gelmiş gibi görünür. Barsağın iç yüzeyini kaplayan çok çekirdekli mikrovilli hücreleri barsakta emici niteliğinde olan yüzeyi artırır ve salgılamada yardımcı olur. Barsak tüpü alt kısma doğru incelerek rektum ile birleşir ve anüsle son bulur. Barsak morfolojisi nematod gruplarına göre belirgin bir farklılık göstermektedir.

Nematodlarda boşaltım sistemi nematodun değişik vücut kısımlarında bulunabilir; bazı nematodlarda ise tamamen yok olmuştur. Basit bir boşaltım tüpü ve deliğinden ibarettir (Şekil 2).

Nematodların boşaltım sistemi protonefridium ve alev hücreleri içermez. Boşaltım organı olarak genellikle serbest yaşayan türlerde karın tarafında bulunan "Rennet bezi", birçok parazit türde ise "H" veya "U" şeklindeki yanal kanal sistemi bulunmaktadır. Bu iki sistem de yalnızca nematodlarda bulunur. Enine bağlantılardan ya da sol koldan bir kanal çıkarak vücut yüzeyine ulaşır. Boşaltım sistemi, azotlu atıkların atılmasının sağlanması yanında ozmoregülatör özelliğiyle vücut boşluğunun turgor basıncını ayarlar. Nematodlar azotlu atıklarını, amonyum, üre veya ürik asit formunda dışarı atarlar. Azotlu atıklar nemli bir ortamda amonyum formunda çevreye atılır.

Nematoda şubesinin Secernentea ve Adenophora olarak sistematik alt ayırımı, boşaltım sistemi tipine göre yapılmıştır. Adenophora'da boşaltım kanalı özofagus bölgesinde ve boşaltım deliği sinir halkası civarında ve tek hücrelik boşaltım kesesi şeklindedir. Secernentea'da ise tüp şeklinde çok sayıda hücrelerden meydana gelmiştir. Tipik olarak sistem, uzunluğuna iki kanal şeklindedir. Bu iki kanal alt ve üstten birleşmiştir. Bu durum Tylenchida takımına ait BPN'lerde üst ve alt uzantısı olan tek bir kanala dönüşmüştür. BPN dişilerinin yumurtalarını depo ettiği jelâtinimsi madde, boşaltım sistemi salgıları olarak bilinmektedir. Erkek fertler ve larvalarda da boşaltım deliği vücutların alt yanında bir açıklık olarak yer almaktadır.

Nematodlarda üreme şekilleri tür ve ekolojik şartlara bağlı olarak dört tip üreme görülmektedir. Seksüel üreme: Dişi ve erkek bireylerin bulunması halinde dişinin erkek tarafından döllenmesidir. Bu şekilde üreme görülen nematod gruplarına ait popülasyonlarda doğal olarak erkek ve dişi fert oranı birbirine eşit veya çok yakındır. Hermafroditik üreme: Yumurta hücrelerinin ve spermlerin dişiler tarafından meydana getirilmesi halidir. Bu tür çoğalmada erkek fert sayısı ya çok azdır veya hiç yoktur. Partenogenetik üreme: Yumurtada döllenme olmaksızın, bireylerin meydana gelişidir. Bu tip üremede de erkek fert sayısı ya çok azdır veya hiç yoktur. Seksüel+Partenogenetik üreme: Bazı türlerde hem seksüel hem de partenogenetik çoğalma olabilir ki bu durum ekolojik koşullara bağlı olarak gelişme gösterir. Diğer bir deyişle, bir tek fert ekolojik koşullara bağlı olarak bu iki yolla da çoğalabilir (örn. kök-ur nematodları).

Nematodlarda dişi üreme organları, bir veya iki yumurtalık (ovarium) ve vulvadan (yumurta bırakılan kanal) meydana gelmiştir (Şekil 2). Bir yumurtalığa sahip türlerde vulva alt uca ve anüse yakındır. İki yumurtalığa sahip türlerde ise vulva vücudun ortasına yakın bir konumdadır. Yumurtalık bir hücre kalınlığında bir duvarla çevrili olup tüp şeklindedir. Kıvrımlıdır ve geriye doğru bükülmüş durumda da yer alırlar. Yumurtalıklar devamlı olarak yumurta hücrelerini (oositleri) meydana getirir ve gelişme devam ettiği sürece oosit sayısı da artar. Oositler spermatekada (Şekil 2) depo edilen spermler tarafından döllenir veya döllenme olmadan yumurta haline gelir. Her iki yolla da meydana gelebilen yumurtalar ince ve elastiki bir zar şeklinde olan uterusa (döl yatağı) geçerler. Yumurtalar buradan vulvaya taşınarak bitki veya toprağa bırakılır. BPN'lerde genel olarak yumurtalar tek tek bırakılırken, kök-ur ve kist nematodları yumurtalarını toplu olarak bırakırlar. Kök-ur nematodlarında yumurtalar jelâtinimsi bir kese içinde depo edilir ve bunlar toplu halde bir paket şeklindedir. Embriyonik gelişim yumurta içinde olur; larva yumurtadan çıkmadan önce bir deri değiştirerek 2. dönem larva (L2) olarak yumurtadan çıkar. Bir kök-ur nematodunun hayat devresi boyunca 2 000 kadar yumurta bıraktığı kabul edilir. Kist nematodları 400-500 kadar yumurta bırakırlar. Diğer BPN'lerde bu rakam 200-300 kadardır.

Erkek üreme organları, bir veya iki testis, bir veya iki spicule ve bir gubernaculum'dan meydana gelmiştir. Bazı türlerde farklı yapılarda bulunan bursa isimli organ mevcuttur. Testis yumurtalığa benzer ve sperm teşekkülünde fonksiyonu olan organdır. Testisler bir hücre kalınlığında ince bir duvarla çevrilidir. Spermler birkaç mikron büyüklüğünde ve yuvarlağımsı görünümdedir. Spicullerin alt uçları anüse doğru birbirine çok yakınlaşmıştır. Fakat üst uçları aralıklıdır. Gubernaculum spicul'lerin hemen altında yer alır. İhtiva ettikleri kuvvetli kas lifleri yardımı ile spiculun hareketine yardımcı olur. Bursa ince bir kütiküla tabakası olup anüsün uç kısmından başlayıp kuyruk kısmına veya hemen altına doğru uzanır. Dişiyi çiftleşme sırasında erkeğe yakın tutmaya yarar. Bazı

nematod gruplarında anüsün hemen önünde bir çift ve karnın orta kısmında bir sıra olmak üzere dokunma organı (papillae) yer almaktadır. Bu dokunma organlarının sayısı ve konumları özellikle erkek bireylerin bulunduğu türlerin teşhisinde önem taşımaktadır. Nematod erkeklerinin kuyruğu genellikle dişinin kuyruğuna benzemektedir.

Nematodlar oldukça gelişmiş bir sinir sistemine sahiptir. Sinir sistemi, düz olup beyin fonksiyonu gösteren anteriyör bir ganglion kitlesine sahiptir. Bu ganglion kitlesi vücudu anteriyör ve posteryör olarak saran sinir kordlarıyla bağlantılıdır. Merkezi ganglion kitlesi çoğunlukla ön barsağı çepeçevre saran sinir halkası olarak bilinir.

Her ne kadar mikroskop altında bütün sinir sistemini görmek zor ise de, sinir halkası (nerve ring) ve hemizonid olarak adlandırılan iki önemli organı görmek mümkündür (Şekil 2). Sinir halkası bulunduğu bölümde özofagusu sarar. Sinir halkası BPN'lerde median bulb'in hemen altında başlayan isthmus bölümünde yer alır. Median bulb'dan basal bulb (özofagusa ait bezler)'e geçmeden önce daralan bu kısımda (isthmus olarak adlandırılan) sinir halkası rahatlıkla görülebilmektedir (Şekil 2). Hemizonid ise boşaltım deliği civarında sinir halkasının hemen altında ve kütiküla tabakasına yakın yer almaktadır. Bazı örneklerde mikroskop altında zor görülür veya görülmeyebilir. Bazı nematod gruplarında bulunmaz.

Ayrıca baş kısmına yakın veya vücudun herhangi bir yerinde papillalar bulunabilir. Bu organlar dokunma duyusu olarak faaliyette bulunurlar. Papillalar hafif bir deri çıkıntısı şeklindedir. Genellikle Tylenchida takımına ait BPN'lerde görülmezler.

Bütün sinir sisteminde açıklanan organlara ilave olarak kimyasal maddelere karşı hassas duyu organı olarak bilinen ve amphid olarak isimlendirilen duyu organı vardır. Bu duyu organı, nematod vücudunun üst bölümünde ve baş kısmına yakın yer almıştır. Styletin hemen üstünde görülür ve yine türlere göre değişik yapıdadır. Bu organın, nematodun konukçusuna doğru yönelmesinde rol oynadığı tahmin edilmektedir.

Yine bazı nematodlarda phasmid denen bir organ vardır ve fonksiyonunun sinirsel olduğu tahmin edilmektedir. Phasmid, amphidin aksine nematodun kuyruk kısmında yer alır ve lateral olarak yerleşmiştir (Şekil 2). Ayrıca, deirid olarak isimlendirilen organ da sinir sistemi içinde yer almakta ve sinir halkası yakınında bulunmaktadır (Şekil 2).

Biyolojisi

Nematodların hayatları oldukça basit dönemlerden oluşmaktadır. Nematodlarda genel olarak biyolojik dönemleri yumurta, dört larva dönemi ve

ergin olarak sıralayabiliriz. Nematodlar genellikle yumurtalarını tek tek toprağa bırakırlar. Yumurta içinde gelişen larva, ilk kütikülasını (deri değiştirme) yumurta içinde değiştirir ve 2. larva dönemimde yumurtayı delerek toprağa geçer. Genellikle 2. larva dönemimde (L2) bitki dokularında parazitik olarak beslenmeye başlar. Beslenme ergin oluncaya kadar devam eder. Her bir larva devresinden bir diğerine geçişte kütiküla diğer bir deyişle, deri değişimi olmaktadır. Üreme organları 3. larva dönemimde gelişmeye başlar. Nematod 3. larva döneminden sonra 4. larva dönemine geçer ve ergin olur. Çiftleşme ve daha önce bahsi geçen üreme şekillerinden biri sonucu yumurtalar toprağa bırakılır. Bu durum birçok nematod grubunda geçerli olmakla birlikte, biyolojik dönemlerinde bazı nematod grupları ve hatta türe göre değişen farklı özellikler vardır.

BPN'lerin biyolojik dönemleri parazitizm şekillerine göre farklılıklar göstermektedir. Bazı nematod grupları biyolojilerinin büyük bir bölümünü bitki dokularında geçirir. Bu konu "parazitizm" olarak ileride ayrıntılı olarak verilecektir.

Genel olarak bütün nematod gruplarında aynı biyolojik dönemler vardır. Fakat her tür kendine has özellikler gösterebilir ve bu özelliklerde ekolojik etkenlerin de rolü bulunmaktadır. Başlıca ekolojik faktörler sıcaklık, nem ve konukçu bitkinin mevcudiyetidir. Bunlar içinde en önemlisi sıcaklık faktörüdür. Genel olarak BPN'ler optimum şartlarda hayat dönemlerini 4-6 hafta içinde tamamlar.

Hareket ve Yayılım

Genel olarak nematodlar vücut çapları kadar bir kıvrıklıkla ön ve arkaya doğru hareket eder. Toprak zerreleri içinde, zerreleri hareket ettiremediklerinden zerreler arasındaki boşluklardan yol bularak ilerler. Bu zerreler arasında hareketleri kendilerine yakın bir bitki veya konukçuya yaklaşıncaya kadar devam eder. Ancak konukçuya 2-10 cm kadar yaklaşınca konukçularına doğru hareket edebilirler. Bazı nematod türlerinin daha uzak mesafelerden konukçularını algıladığı ve yöneldiği rapor edilmiştir (örn. *Hemicycliophora paradoxa* 40 cm kadar bir uzaklıktan konukçusu tarafından cezp edilebilmektedir). Nematodların hareketlerinde ve özellikle yakın mesafelerdeki yönelmelerinde bir sinirsel organ olan amphid yardımcı olmaktadır. Fakat uzak mesafelerde bu organ yeterli duyarlılığa sahip değildir.

Nematodların hareketinde önemli bir faktörde toprak sıcaklığıdır. Genel olarak BPN'ler 10-30°C arasında normal hareket eder. Sıcaklık 0°C’nin biraz üstünde ve altında olduğu zaman nematodların hareketleri tamamen durur. Ayrıca nematodların, toprak ve bitki üzerinde hareketleri için belirli bir neme ve su tabakasına ihtiyaç vardır.

Türlere göre değişmekle birlikte nematodların maksimum hareketleri ayda ortalama 20-30 cm olduğu kabul edilmektedir. Bu ekolojik koşulların çok uygun olması durumunda gerçekleşebilir. Ortalama olarak yılda 1 m yol alabilirler. Bu kendi hareketleri ile alabildikleri mesafedir. Nematodlar çeşitli şekillerde çok uzaklara da taşınabilmektedir.

Nematodların taşınma yollarını; yağmur, sel ve sulama suları; rüzgarlar; bulaşık bitki artıkları; insan ve hayvanların ayaklarına yapışan bulaşık toprak parçaları; toprak işleme aletleri; bulaşık bitkisel ürünler olarak sıralayabiliriz

Nematodlarla bulaşık bitki parçalarının (kök, yumru, soğan, rizom, tohum, yaprak ve bitki gövdeleri) bir yerden başka bir yere götürülmesi son derece tehlikelidir. Kist nematodları kistleri sayesinde, tarlada konukçu bitki olmaksızın uzun yıllar kalabilir (bu durum patates kist nematodlarında 30 yıla kadar çıkmaktadır). Bu nedenle bütün dünyada başta kist nematodu ile bulaşık toprak ve bu toprakta yetişen bitkilerin bir yerden diğer bir yere sevkiyatı sıkı kontrol altında olmakta ve söz konusu zararlı organizmaların temiz alanlara bulaşması karantina tedbirleri ile önlenmektedir.

Parazitizm

Birçok BPN, yumurtalarını toprağa veya bitki dokuları içine teker teker bırakır. Ortamın uygun olması durumunda yumurtadan çıkış ortada bir konukçu olup olmadığı belirsiz olduğundan rastgele veya bağımsız olmaktadır. Ancak, daha gelişmiş BPN gruplarında, yumurtalar bir yumurta kütlesi oluşturarak jelâtinimsi bir matriks içinde (örn. kök-ur nematodları, *Meloidogyne*) veya vücut duvarı koyu bir renk alarak koruyucu bir yapı oluşturarak, değişikliğe uğrayan ve şişen dişi bedeninin içinde toplu olarak bulunmaktadır (örn. kist nematodları *Heterodera* ve *Globodera*). Kist nematodlarında larvaların yumurtadan çıkışını konukçu bitkinin kök salgıları etkiler. Bu durum ancak nematodun belirli bir konukçu aradığında gerçekleşebileceği anlamına gelir (örn. patates kist nematodları). BPN'leri bitki köklerine çeken çeşitli etkenler olmakla birlikte bunlar halen tam olarak açıklanamamıştır. Bu çekiciler, kök-ur nematodları için, konukçuya bir metreye kadar olan mesafelerde işlerlik göstermektedir.

BPN'lerde dört ana tipte parazitizm vardır: *Ektoparazit:* Nematod toprakta kalır ve bitki dokularına girmez. Nematod 2. larva döneminde (L2) yumurtadan çıkıp toprakta bitki köklerine yönelir ve bitki köklerinde beslenmeye başlar. Bitki hücrelerini delmek için styletini kullanarak beslenir. Styleti ne kadar uzun olursa o kadar derinden beslenebilir. VVN'lerin (örn. *Xiphinema* ve *Longidorus* cinslerine ait türler) beslenmeleri bu şekildedir. Ektoparazitik türlerin çoğunluğu kendiliğinden hareket etmeye devam ederken, bazıları bitki dokusuna derin biçimde gömülen styleti sayesinde köke kalıcı olarak bağlı kalır (örn. *Cacopaurus* cinsine ait nematodlar). *Endoparazit:* Nematodun tamamı köke

penetre olur. Gezici endoparazitler hareketlidirler ve bitki dokusu içinde sabit bir beslenme alanları olmaz (örn. *Pratylenchus* ve *Hirschmanniella* cinslerine ait nematodlar). Kalıcı endoparazitlerin ise sabit bir beslenme alanları vardır ve hücreler veya "syncytia"'dan oluşan karmaşık bir sistemin etkisiyle obez hale gelebilir ve dolayısıyla hareketliliklerini kaybedebilirler (örn. *Meloidogyne* cinsine ait nematodlar). *Yarı-endoparazit:* Sadece nematodun ön kısmı köke penetre olur, arka kısmı toprakta kalır. Nematod 2. larva döneminde yumurtadan çıkıp toprakta bitki köklerine yönelir ve bitkiye genellikle bitki kök uçlarından girer. Başlarını bitki dokusuna gömüp orada sabitleşerek beslenmeye başlar ve böylece gelişir. Bu gruba ait nematodların dişileri ergin oldukları zaman limon, küre vb. farklı şekilleri alarak beslenmeye devam ederler. Bütün erkekler, ince uzun silindir görünümünde ve ergin hale geldikten sonra dişiyi döller ve bitkiyi terk ederek toprağa geçer. Dişi, ergin olduktan sonra da beslenmeye devam eder ve yumurtalarını bitki dışında kalan vücudunun etrafını saran bir jelâtinimsi kese veya vücut içindeki vulva bölgesinde depo eder. Dişi yumurtalarını bıraktıktan sonra ölür. Yumurtaları ihtiva eden jelâtinimsi kese, ölü dişiyi de ihtiva ederek kist haline gelir. Hayat devresi yeniden başlar. Kist nematodlarını içeren nematod gruplarının (örn. *Heterodera* ve *Globodera* cinslerine ait nematodlar) beslenmeleri bu şekildedir. *Yarı-ektoparazit:* Yarı-endoparazit nematodlardaki gibi sadece nematodun ön kısmı köke penetre olur, arka kısmı toprakta kalır. Nematod 2. larva döneminde yumurtadan çıkıp toprakta bitki köklerine yönelir ve bitki köklerinde beslenmeye başlar. Başları kök içinde ve vücutları kök dışındadır. Kendilerini kök üzerinde bir yere sabitlemez ve bitki kökünün farklı yerlerinde beslenirler. 4. larva döneminden sonra erkek ergin olur ve ince uzun silindir şeklini alır. Dişinin böbrek şeklini alması da 4. larva döneminden sonra olmaktadır. Erkek sadece 2. larva döneminde beslenir ve dişiyi dölleyen ergin erkek hemen toprağa geçer. Dişiler yumurta bıraktıktan sonra ölürler. Yumurtalar jelâtinimsi bir kese içinde ve kök sathına bırakılır. Turunçgil nematodunu içeren nematod grubunun (örn. *Tylenchulus* cinsine ait nematodlar) beslenmesi bu şekildedir.

Bazı cinsler konukçuya bağlı olarak yarı-endoparazit veya gezici parazit olabileceğinden (örn. *Helicotylenchus*) yukarıda açıklanan parazitizm tipleri birbirini kapsamaktadır. Buna karşılık bazı BPN'lerin enfektif larva dönemleri (2. larva dönemi, L2) vücutlarının sadece ön (anteriyör) kısmını köke gömerek beslenir (hareketsiz yarı-endoparazit) (örn. *Rotylenchulus, Tylenchulus, Meloidogyne, Heterodera* ve *Globodera* cinslerine ait türlerin 2. larva dönemleri). Ancak nematod değişikliğe uğramadan önceki herhangi bir larva döneminde çoğu ektoparazitler ve gezici endoparazitler kökten beslenebilir veya köke penetre olabilir. Nadiren, *Rotylenchulus*'da görüldüğü gibi, olgunlaşmamış dişi, beslenmeyen larvalar (L2) ve erkekler toprakta kalır.

Bitkilerdeki Belirtileri ve Zararı

BPN'lerden dolayı bitkilerde meydana gelen belirtileri genel olarak şu şekilde sıralıyabiliriz (Şekil 3):

- Arazinin muhtelif yerlerinde kötü iklim ve besin yetersizliği gibi bodur bitkilerin görülmesi,
- Çok sayıda dallanma,
- Kısa sürgün,
- Küçük yapraklılık,
- Yapraklarda zayıflık,
- Yapraklarda kloroz gibi renk değişmesi,
- Yapraklarda uçtan itibaren kuruma,
- Meyveli bitkilerde ufak ve seyrek meyve,
- Kökün koyu renk alması,
- Kökün iç ve dışında yara ve çürümeler,
- Kökte siğil şeklinde urlar,
- Yan ve emici köklerin kısalması,
- Küt kök oluşumu,
- Ana kökte incelme, uzama ve yay gibi olma,
- Kökte saçaklanma,
- Tohumlarda deformasyon (galli daneler),
- Yumrulu bitkilerin yumrularında deformasyon, çürümeler ve siğil şeklinde urlar,
- Soğanlı bitkilerin soğanlarında deformasyon ve renk değişimi,
- Bitkinin zayıf düşmesi sonucu yabancı otlarla rekabet edememesi ve arazideki yabancı ot yoğunluğunun artması,
- Gübre uygulamalarından beklenen faydanın sağlanamaması.

Toprak gibi mikrobiyolojisi karışık bir ortamda yetişen bitkilerin doğal koşullarda tek bir organizma grubu tarafından zarar gördüğünü kabul etmek olanaksızdır. Bu nedenle BPN'lerden ileri gelen ürün kayıpları da bazı tahminlere dayanmaktadır. Siddiqi (1986) sebzelerde sadece kök-ur nematod (*Meloidogyne* spp.)'larının sebep olduğu ürün kaybının %50-80 arasında değiştiğini kaydetmektedir. Çeltik beyaz uç nematodu (*Aphelenchoides besseyi*)'ndan dolayı çeltikte meydana gelen ürün kaybının %10-30 oranında olduğu bu oranın hassas çeşitlerde %70'lere kadar yükselebileceğinden söz edilmektedir (Rahman & Miah 1989).

Şekil 3. Bitki paraziti nematodların bitkilerdeki (üst aksam, kök, yumru ve tohum) belirtileri ve zararları: Çeltik beyaz uç nematodu zararı çeltik bitkisinin üst aksamında (F, G); kök-ur nematodu zararı, domates bitkisi kökünde, urlu kök (E) ve patates bitkisi yumrusunda (A); hububat gal nematodu zararı buğday bitkisinde (L), başakta (K) ve danelerinde, galli ve sağlıklı daneler (D, C); soğan-sak (H-J) ve patates çürüklük nematodu (B) belirtisi ve zararı.

Ancak bu belirtilerin nematod enfeksiyonu sonucu olarak mı, yoksa bir başka zararlı organizmanın neden olduğu veya her iki durumun birleşik etkisi sonucu mu görüldüğü hakkında makroskobik gözlem ile karar vermek oldukça güçtür.

Kesin karar vermeden önce bitkide görülen belirtinin nedeninin nematodlardan mı kaynaklanıp kaynaklanmadığının ortaya konması için nematoloji laboratuvarlarında yapılabilecek özel analiz yöntemlerine başvurulmalı ve nematologlar tarafından kesin kanıya gidilmelidir. Nematodlar kesin olarak uygun büyütmeye sahip mikroskop altında görüldükten ve teşhisi yapıldıktan sonra bitki bulaşık olarak kabul edilir ve söz konusu etmen için uygun olan mücadele yöntemleri önerilebilir. Bu doğrultuda gerekli önlemlerin alınması sağlanabilir.

Önemli Bitki Paraziti Nematod Türleri

Türkiye'de BPN'lerin önemli derecede zarar oluşturduğu kültür bitkileri içinde patates, çeltik, meyveler, bağ ve sebzeler önemli bir konumdadır (Şekil 3). Bu bitkiler; karantinaya tabi, tohum fidan sertifikasyonu açısından önem taşıyan BPN'lere konukçuluk yapmaktadır. Bu nematodlar, mücadelelerinin zor olması ve üretim materyalleri ile taşınması gibi sebeplerden dolayı önemlidir.

Türkiye'de ürün kayıplarına neden olabilen önemli BPN türleri (alfabetik sıraya göre verilmiştir) (Anonymous 2008) (Şekil 4-6):

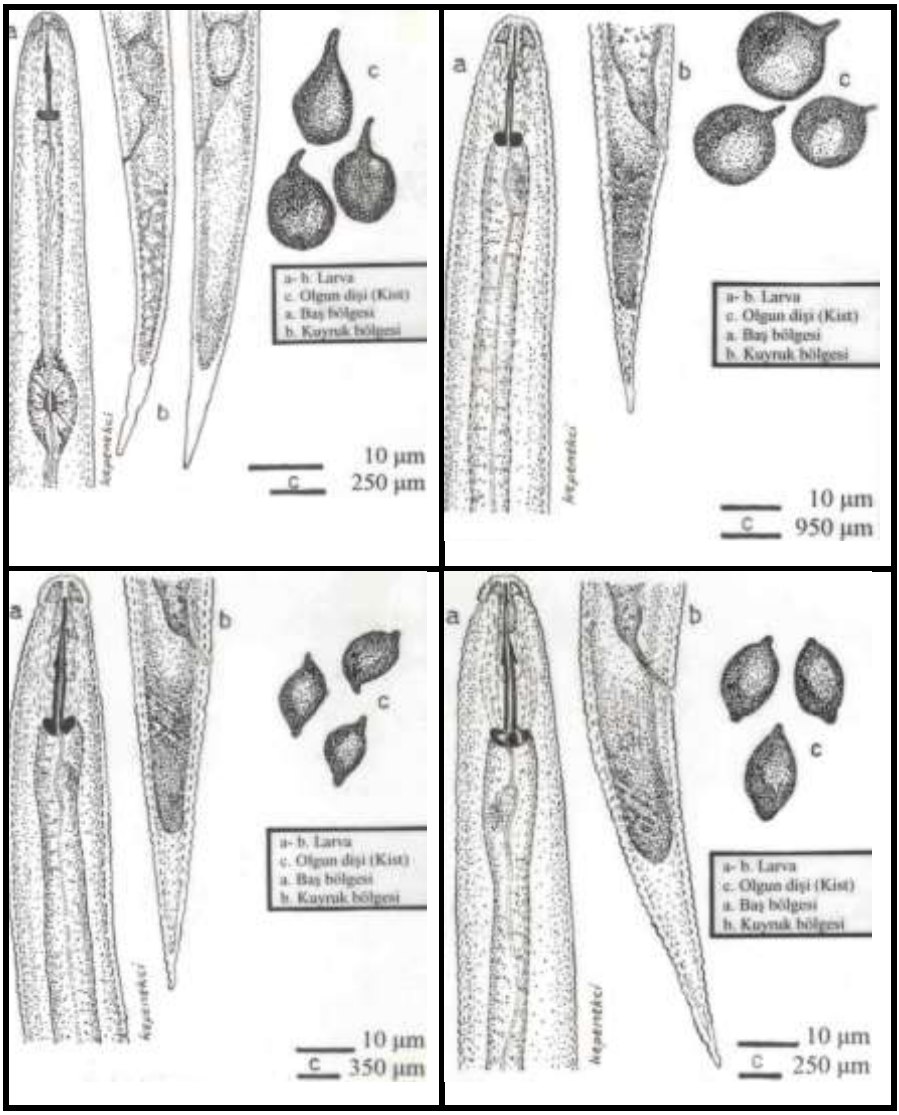
- Buğday gal nematodu (*Anguina tritici*)
- Çeltik beyaz uç nematodu (*Aphelenchoides besseyi*)
- Çilek nematodu (*A. fragariae*)
- İncir nematodu (*Heterodera fici*)
- Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.)
- Muz spiral nematodu (*Helicotylenchus multicinctus*)
- Patates çürüklük nematodu (*Ditylenchus destructor*)
- Patates kist nematodları (*Globodera rostochiensis* ve *G. pallida*)
- Soğan-sak nematodu (*D. dipsaci*)
- Şeker pancarı kist nematodu (*H. schachtii*)
- Tahıl kist nematodları (*H. avenae*)
- Turunçgil nematodu (*Tylenchulus semipenetrans*)

Bu BPN türleri içinde Türkiye'de yaygın olarak bulunan, ekonomik düzeyde verim kayıplarına neden olan, uygulanan mücadele yöntemleriyle baskı altına alınmaya ve yayılmalarının önlenmesine çalışılan önemli türler olarak (önem sırasına göre) *G. rostochiensis, G. pallida, A. besseyi, Meloidogyne* spp, *H. multicinctus, D. dipsaci, D. destructor, H. schachtii* ve *T. semipenetrans*'ı verebiliriz.

Nematod-Konukçu İlişkisi

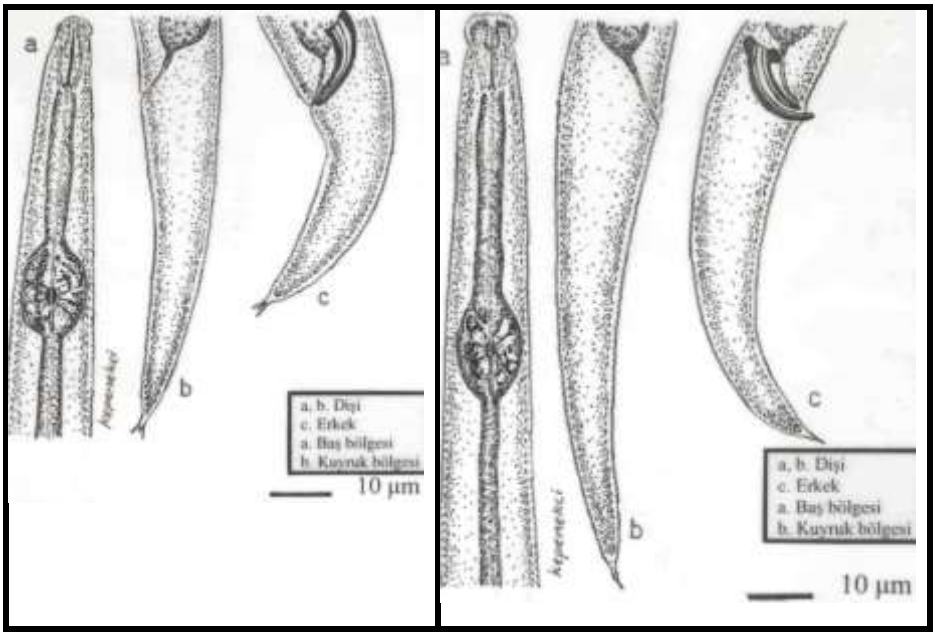
BPN'ler, özel bir beslenme organı olan stylete sahiptir. Bu organ aracılığıyla cins ve hatta tür düzeyinde değişiklik gösteren beslenme şekillerine (ekdoparazit,

endoparazit, yarı-ekdoparazit ve yarı-endoparazit) göre bitki dokularında beslenir. Beslenmeleri sırasında bitkilerde hücre gelişmelerine sebep olur, hücre bölünmesini ve bunu takiben hücre büyümesini teşvik eder. Mekanik etkilerine ilave olarak bünyelerindeki özel salgılarını hücrelere vererek biyokimyasal ve fizyolojik değişmelere yol açar. Sürgün ucu gelişmesinin durması, gal veya ur teşekkülü, lokal yaraların oluşması, zamanla hücrelerden dokulara kadar ilerleyen zarar ile bitkilerin ölümüne, dolayısıyla büyük ekonomik zararlara sebep olurlar.

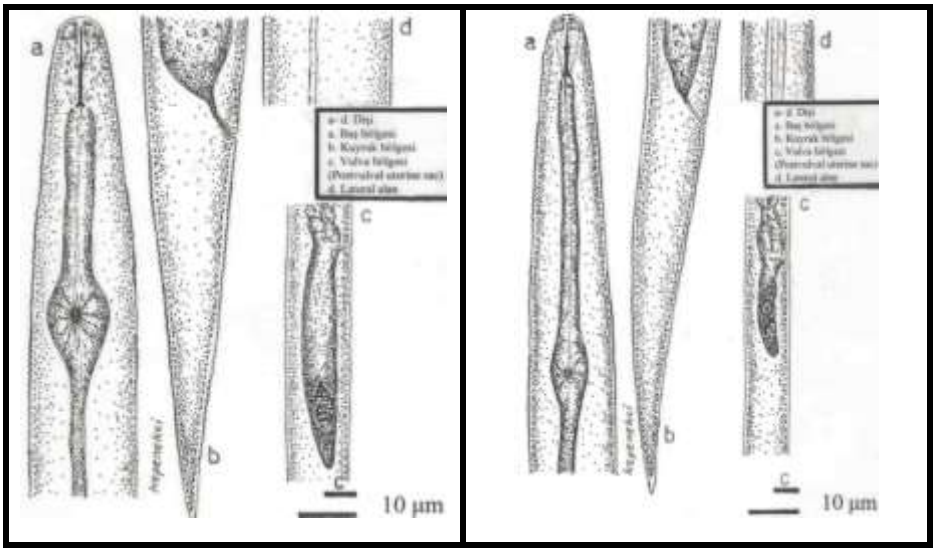


Şekil 15. Kök-ur nematodları (Meloidogyne spp.) (üst sol), patates kist nematodu (Globodera rostochiensis) (üst sağ), şeker pancarı kist nematodu (Heterodera schachtii) (alt sol) ve tahıl kist nematodu (H. avenae) (alt sağ) (Çizimler İ. KEPENEKCİ).

Ektoparazitler (örn. *Tylenchorhynchus*) bitkiye girmediğinden, verdikleri zarar genellikle styletin penetre olduğu hücrelerde nekrozla sınırlıdır. Buna karşılık *Xiphinema* veya *Hemicycliophora* gibi daha uzun styleti olan türler dokulara daha derin penetre olabilir, böylece de daha fazla hücre öldürebilir. Bu tip nematodlar, kök uçları yakınlarındaki meristematik doku ile beslenme eğilimindedir; bu ise köklerde yaralanmaya veya kancalanmaya ve büyüme noktası tahrip olmuşsa ikincil kök tomurcuklanmasına yol açar. Endoparazitler sadece beslendikleri hücreleri öldürmekle kalmaz, kök dokularının içinde delikler açarak kavitasyon ve ikincil enfeksiyona yol açan daha büyük zararlara da sebebiyet verebilir. Birden fazla jenerasyon veren ve bu jenerasyonların birbirini takip etmesi konukçuları olan bitkilerde meydana getirdikleri zararı daha da artırır ve en patojenik nematodlardan bazılarının bu gruba ait olması şaşırtıcı değildir (örn. *Pratylenchus*, *Radopholus* ve *Hirschmanniella* cinslerine ait BPN türleri).



Şekil 16. Çeltik beyaz uç nematodu (Aphelenchoides besseyi) (sol) ve çilek nematodu (A. fragariae) (sağ) (Çizimler İ. KEPENEKCİ).



Şekil 617.Patates çürüklük nematodu (Ditylenchus destructor) (sol) ve soğan-sak nematodu (D. dipsaci) (sağ) (Çizimler İ. KEPENEKCİ).

Hareketsiz endoparazitler konukçuda, kök hücrelerinin transfer hücrelerine dönüştüğü karmaşık bir ilişki içindedir. Bu trofik sistemin işlevi, hareketsiz nematodların bol miktarda besin maddesi bulmasına ve böylece muazzam boyutlara ulaşıp daha fazla yumurta üretebilmesine olanak tanıyan bir beslenme ortamı görevi görmektir. *Meloidogyne*'de kök hücrelerinin tomurcuklanması tetiklenir ve böylece nematoda özel belirtiler oluşur. Kök sistemlerine nematodlar tarafından zarar verilen bitkiler genellikle bodur kalma, sararma, solma, erken veya aşırı olgunlaşma ve verimde azalma gibi toprak üstü belirtiler gösterir. Bu belirtiler kök sisteminin su ve besin maddeleri alma kabiliyetini yitirmesinin doğrudan sonucudur ve dolayısıyla yetersiz toprak koşullarından ve/veya besin maddesi eksikliklerinden kaynaklanan benzer belirtilerle karıştırılabilir. Nematodların bitkilere tam olarak ne şekilde etki ettikleri halen aydınlatılması gereken bir konudur ve fiziksel etkiyle kök işlevlerinin bozulmasının yanı sıra toksinler de bu süreçte yer alıyor olabilir.

Nematodlar, bitki dokusunun içindeki siyanositlerin şeker kısmını metabolize eder ve böylece bitki için son derece zehirli olan CNH radikali (alkan serisindeki kimyasal bileşiklerden kısa zincirlere radikal veya alkil denir)'ni açığa çıkarır. Nematolojide konukçu ve parazit arasındaki ilişkiyi tarif etmek için birçok terim kullanılmaktadır.

Bitkiler, nematod üremesinin gerçekleşip gerçekleşmemesine bağlı olarak iki grup altında toplanır; konukçu bitki ve konukçu olmayan bitki.

BPN'lerin konukçu olmayan bitkiler iki grup altında toplanabilir: Bağışıklık (nematod penetrasyonu veya üremesi olmaz) gösteren bitkiler ve dirençli (nematod penetrasyonuna izin verir ama üreme olmaz) bitkiler.

BPN'lere konukçusu olan bitkiler dirençsiz veya hassastır. Konukçu bitkiler nematod üremesinin yüksek veya düşük olmasına bağlı olarak iki grup altında toplanabilir; iyi konukçu olan bitkiler ve zayıf konukçu olan bitkiler.

Nematodların üreme düzeyleri ile ilgili veriler içindeki en düşük üreme düzeylerini destekleyen hassas bitkilerden "kısmi dirençli" olarak veya bazı durumlarda (bir bilimsel tarım kavramı içinde) "dirençli" olarak bahsedildiği de olmuştur. Bazı dirençli bitkiler, söz konusu nematoda karşı hassas olan bir bitki yetiştirilmeden önce topraktaki nematodları çekmek için "tuzak bitki" olarak kullanılmaktadır. Nematodların belirtilen bitki türleri üzerinde üreme kabiliyetindeki varyasyonlar tarım için çok önemlidir ve iki ana gruba ayrılır. Belirtilen bitki türleri üzerinde üreyebilmelerine veya üreyememelerine göre ayrılan nematod popülasyonları konukçu ırkları olarak bilinir. Patotipler bir konukçu ırkının veya türünün değişkenleridir ve belirtilen bir konukçu bitki genotipi üzerinde üreme kabiliyetlerine göre ayırt edilir. Tolerans, nematodun bitkiye verdiği zararın miktarını ifade eder ve direnç ile karıştırılmamalıdır. Toleranslı bir konukçu ağır enfeksiyon altında bile çok az zarar görürken toleranssız bir konukçu hafif bir enfeksiyon altında bile ağır zarara uğrayabilir.

Ancak bu belirtilerin nematod enfeksiyonu sonucu olarak mı, yoksa bir başka zararlı organizmanın neden olduğu veya her iki durumun birleşik etkisi sonucu mu görüldüğü hakkında makroskobik gözlem ile karar vermek oldukça güçtür. Kesin karar vermeden önce bitkide görülen belirtinin nedeninin nematodlardan mı kaynaklandığının kesin olarak ortaya konması için nematoloji laboratuvarlarında yapılabilecek özel analiz yöntemlerine başvurulmalı ve nematologlar tarafından kesin kanıya gidilmelidir. Nematodlar kesin olarak uygun büyütmeye sahip mikroskop altında görüldükten ve teşhisi yapıldıktan sonra bitki bulaşık olarak kabul edilir ve söz konusu etmen için uygun olan mücadele yöntemleri önerilebilir. Bu doğrultuda gerekli önlemlerin alınması sağlanabilir. BPN'lerin konukçuları farklılık göstermektedir. Bazı nematod türlerinin bir veya birkaç konukçusu olmakla birlikte genel olarak BPN türlerinin konukçu sayıları oldukça fazladır.

Hayatta Kalma Biyolojisi

Canlı bir konukçunun yokluğunda nematodlar toprakta veya bitki kalıntılarında yaşamayı sürdürebilir. Çevrenin yavaş yavaş kuruması şartıyla birçok nematod türü kuruma, aşırı sıcak ve kimyasallara karşı daha az hassas oldukları geri döndürülebilir bir anhidrobiyotik duruma girerler. Birçok BPN türünde hayatta kalma dönemi, jelâtinimsi bir matriks içinde (örn. *Meloidogyne,*

Tylenchulus ve *Rotylenchulus*) veya ölü dişinin sertleşmiş kist yapılı bedeni içinde (örn. *Heterodera* ve *Globodera*) korunan yumurtadır. Ölü dişi vücudu içinde korunan yumurtalar içindeki enfektif larva dönemi, L2 olarak uzun yıllar boyunca yumurtadan çıkmayabilir. Anhidrobiyoz, özellikle tropikal/subtropikal bölgelerde çok daha yaygın olarak görülmekte ve zararlı organizmaların uygun olmayan şartlarda hayatta kalmalarını sağlayarak kimyasal mücadelenin dışındaki mücadele yöntemlerini (özellikle Kültürel Mücadele Yöntemleri) etkisiz hale getirmektedir. Anhidrobiyoz durumda kalma süresi açısından *Anguina* gibi gal nematodları oldukça uzun bir süreye sahip olup 39 yıla kadar bu dönemde canlılıklarını kaybetmeden kalabilir. Anhidrobiyozun basit sonuçlarından biri, nematodların kuru topraktan çıkabilmeleri için su absorbe edebilecekleri ve böylece aktif duruma ulaşabilecekleri kadar bir ıslanma süresine ihtiyaç duymalarıdır. Fakat bazı nematod grupları için sadece su/nem yeterli olmayabilir, konukçunun varlığı da son derece önemlidir. Konukçuları olmadığı zaman çok uzun yıllar toprakta canlılıklarını muhafaza edebilirler (örn. *Globodera*).

Sonuç ve Öneriler

Toprak gibi mikrobiyolojisi karışık bir ortamda yetişen bitkilerin doğal koşullarda tek bir organizma grubu tarafından zarar gördüğünü kabul etmek olanaksızdır. Yapılan çalışmalarda toplam tarımsal üretimde BPN'lerden kaynaklanan ürün kaybının ortalama %12 olduğu bildirilmektedir. Bu kayıp; toprak yapısına, ürün çeşidine, nematod türüne ve bölgeye göre değişiklik göstermektedir. Türkiye'de yaygın olarak bulunan, ekonomik düzeyde verim kayıplarına neden olan BPN türlerinin konukçuları ve bölgelere göre zarar oranları veya ürün kayıpları ortaya konulmalı ve bu tip ekonomik nematoloji konularında yapılacak araştırmalara destek verilmelidir.

Her zararlı organizma grubunda olduğu gibi nematoloji konusunda da tür teşhisinin yapılması çok önemlidir. Nematodların küçük mikroskobik canlılar olmasından ve türlerinin birbirlerine çok benzemesinden dolayı tür teşhisi, nematoloji laboratuarına sahip yetkili kuruluşlarda bu konuda uzmanlaşmış kişilerce kesin olarak yapılmalı ve son karar verilerek gerekirse mücadele stratejisi ortaya konulmalıdır. Ayrıca BPN'lerin bitkilerde meydana getirdikleri belirtiler, diğer zararlı organizmalardan ileri gelen belirtilere benzediği için mikroskop altında nematodu görmeden ve teşhisini yapmadan kesin kanıya gidilmemelidir. Türkiye'nin coğrafi konumu ve sahip olduğu bitki çeşitliliği dikkate alındığında, son yıllarda önemli BPN türlerinin Türkiyeye girmesi ve hızlı bir yayılım göstermesi önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bitkinin yaşayabildiği her türlü ortamda yaşayabilen BPN'ler, bu bitkilere saldırabilmektedir. Bu nematodların doğru tanımlanması büyük önem taşımakatadır. Bu bağlamda taksonomik nematoloji konusunda yetişmiş

nematologlara ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle tür teşhisi yapabilen nematologlar yetiştirilmelidir.

Nematolojik çalışmalarda tür teşhisi kadar, nematodların elde edilmesinde kullanılan ektraksiyon yöntemleri de önemlidir. Önerilen ektraksiyon yöntemlerinden nematolojik çalışmalar için kullanılacak olanlar, yapılacak araştırmaya ve araştırmacıya göre değişmektedir. Çalışmalarda (özellikle karantina analizlerinde) kullanılacak yöntemlerin seçimi, bu analizlerin (ulusal veya uluslararası) güvenilirliğinde ve doğru olarak yorumlanabilmesinde önemlidir. Karantina analizlerinde kullanılan ektraksiyon yöntemlerinin birbirleriyle karşılaştırılmaları amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmış ve en uygun yöntemler ortaya konmuştur. Karantina analizlerinde seçilen yöntem, o konuda yaygın olarak kullanılan ve karantina analizleri yapan kuruluşlarda çalışan nematologların tamamı tarafından kabul gören bir yöntem olmalıdır. Karantina analizi yapan tüm nematoloji laboratuvarları tarafından uygulanacak yöntemin seçiminde kullanılacak alet/ekipman, analiz süresi ve analiz maliyeti öncelikli olarak düşünülmesi gereken önemli konulardır. Analizlerde kullanılacak alet/ekipman tüm laboratuarlarda bulunmalı ve analiz süresi analize tabi tutulacak ürün açısından iyi değerlendirilmelidir. Özelliğini kaybedecek ve bozulacak bitkisel ürünlerde, kısa analiz süresine sahip yöntemler tercih edilmelidir. Özellikle seri olarak yapılması gereken ve sayıca fazla olan karantina analizlerinde, yüksek maliyete sahip analiz yöntemlerinin seçimi konusunda dikkatli olunmalıdır. Seçilecek karantina analiz yöntemi, uluslararası düzeyde kabul görmüş olmalı ve ulusal düzeyde de bütün laboratuarlar arasında yöntem birlikteliği sağlanmalıdır. Bu yüzden, analiz yöntemlerinin geliştirilmesi ve Türkiye için en uygun yöntemlerin belirlenmesi konusunda çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar belirli periyotlarda tekrarlanmalı ve güncellenmelidir.

Dünya'da önemli olmakla birlikte Türkiye'de varlığı henüz ortaya konmamış BPN gruplarının (*Hirschmanniella, Radopholus, Nacobbus* vd.) tespitine dönük herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu gruba ait bazı türler karantina listelerinde yer almakta ve tarım alanlarında önemli zararlara neden olabilmektedir (örn. *H. oryzae R. citrophilus, R. similis, N. aberrans* vd.). Türkiye'de varlığı bilinmeyen ve üzerinde herhangi bir çalışmanın yürütülmediği söz konusu nematod grupları ile ilgili çalışmaların yapılması Türkiye tarım alanları ve karantinası açısından önemlidir. Ayrıca bazı nematod grupları ile ilgili çalışmalar yapılmış olmakla birlikte Türkiye açısından önemli olan türlerin varlığı ile ilgili herhangi bir kayıt bulunmamaktadır. Bu konudaki çalışmaların artması ve söz konusu BPN türlerinin son durumlarının ortaya konularak bu türlerin bulaşıp zarar oluşturabileceği bölgelerin korunması önemlidir (örn. *Bursaphelenchus* cinsi ve orman alanlarında önemli bir zararlı olan *B. xylophilus*). Türkiye'de yıllar önce sadece bir tarlada ve hatta sadece bir bitkide

tespit edilen BPN türlerine (örn. *Rotylenchulus reniformis, Heterodera ciceri, H. fici, Meloidogyne artellaria* vd.) ilişkin günümüze kadar yapılan nematolojik çalışmalar sonucunda herhangi yeni bir kayda rastlanmamıştır. Ayrıca adı geçen BPN türlerinin konukçusu olan bitkilerin yaygın olarak yetiştirildiği bölgelerden de bu zararlılarla ilgili herhangi bir sorun bildirilmemiştir. Bu BPN türleri ile ilgili çalışmaların yapılarak Türkiye'deki son durumlarının ortaya konması, Türkiyeye ait karantina listesinin güncellenmesi, Türkiye ve özellikle ticari ilişkilerde bulunduğumuz ülkeler açısından önemlidir.

Türkiye'de yaygın olarak bulunan, ekonomik düzeyde verim kayıplarına neden olan, uygulanan mücadele yöntemleriyle baskı altına alınmaya ve yayılmalarının önlenmesine çalışılan önemli türler (*Globodera rostochiensis, G. pallida, Aphelenchoides besseyi, Meloidogyne* spp, *Helicotylenchus multicinctus, Ditylenchus dipsaci, D. destructor, Heterodera schachtii* ve *Tylenchulus semipenetrans*) üzerindeki çalışmalar artırılmalıdır.

BPN'lerin bazı türleri karantina zararlısı tür olarak nitelendirilmektedir. Söz konusu türler ekonomik önemde zarar meydana getirmelerinin yanında üretim materyalleri (fide, fidan, tohum vb.) ile taşınmalarından dolayı da son derece önemlidir. Ülkeler karantina listelerini hazırlarken son derece titiz davranmaktadır. Bu karantina zararlısı olan BPN türleriyle mücadele çok zordur. Söz konusu karantina zararlıları bir ülkeye veya bölgeye bulaştığı zaman konukçusu olan kültür bitkilerinde çok büyük zararlara ve ürün kayıplarına neden olabilmektedirler. Karantina zararlısı bu türlerden önemli bir bölümünün (*M. chitwoodi, Globodera pallida, G. rostochiensis, Aphelenchoides besseyi, Rotylenchulus reniformis*) Türkiyeye son yıllarda girmiş olması üzücüdür. Türkiyeye son yıllarda giren türlerden *G. pallida, G. rostochiensis* ve *A. besseyi*, dünya listelerinde karantina zararlısı olan BPN türleri arasında ilk iki sırada yer almaktadır. Bu nedenle, Türkiyeye bulaşık üretim materyallerinin girmemesi ve bulaşık materyallerin temiz bölgelere taşınarak bulaşmanın önlenmesi öncelikli olarak düşünülmelidir. Bulaşık olduğu şüphe edilen alanlardan toprak örneği alma talimatına uygun olarak toprak ve kök örnekleri alınmalı ve bu örnekler nematoloji laboratuvarının bulunduğu ilgili kuruluşlara gönderilmelidir. Nematod zararından korunmak için uygulanabilecek en ekonomik ve etkili yol, temiz alanlara bulaşık materyallerin girişinin önlenmesidir.

Özellikle hububat, şeker pancarı, sebze, meyve, bağ, çeltik, patates, soğan, vb., ekiliş alanları yönünden zengin olan Türkiye'de bu ürün gruplarında zararlı olan organizmaların başında BPN'ler gelmektedir. Bu yüzden nematolojik analizler özel bir önem taşımaktadır. Patates ve çeltik tohumluk yetiştirme alanları ile meyve, sebze ve süs bitkileri fide ve fidanlarının üretimlerinin yapılacağı alanların özellikle karantinaya tabi, tohumluk sertifikasyonu ve fidan sertifikasyon açısından önem taşıyan nematodlar yönünden incelenmesi ve

gerekli analizlerin yapılması son derece önemlidir. Karantinaya tabi nematodların temiz alanlara bulaşmaması, ancak yasal önlemlerle mümkün olabilmektedir. Özellikle karantinaya tabi BPN'lerle bulaşık alanlardan zararlının elimine edilmesi için mevcut mücadele yöntemlerinin hiçbirinin yeterli olmaması ve kimyasal mücadele yönteminin maliyetinin yüksek ve çevreye zararlı olması gibi nedenlerle bulaşmayı önleyici yasal tedbirlerin alınması öncelikli olmalıdır.

BPN'lerle mücadelede tohumluk üretimi önemli bir yer tutmaktadır. Tohumluk üretim sisteminin oluşturulabilmesi için öncelikli olarak tohumluk üretim alanlarının belirlenmesi gerekmektedir. Türkiye'de tohumluk ve yemeklik üretimler aynı bölgede hatta yana yana olan alanlarda birlikte yapılmaktadır. Bu durum, tohumluk üretiminde mutlak yapılması gereken zararlı organizmaların kontrolünü güçleştirmekte ve sağlıklı tohumluk üretimini engellemektedir. Nitekim, Türkiye'de uzun yıllar kontrolsüz tohumluk üretimi yapılmasının, diğer bir deyişle, tohumla yayılan önemli zararlı organizmaların Türkiyeye girmesi ve bu alanlarda yayılması sonucunda, bugün sağlıklı tohumluk üretimi güçleşmiştir. Çeltik ekiliş alanlarında çeltik beyaz uç nematodu ve patates ekiliş alanlarında patates kist nematodları 1995-1996 yıllarında Türkiyeye girmiş ve hızlı bir yayılma eğilimi göstermiştir. Bu bağlamda özellikle karantinaya tabi ve tohum fidan sertifikasyon açısından önem taşıyan BPN'lerin yayılmalarını engelleyici tedbirlerin alınması, öncelikli olarak düşünülmeli ve ilgili çalışmalar ivedilikle başlatılmalıdır.

Bazı bölgelerde sulu tarıma geçilmesiyle mevcut bulunan nematod türlerinin yayılarak bitkilere zarar vermeye başlaması kaçınılmazdır. Bu gibi durumlarda tüm mücadele yöntemlerinin birlikte uygulanması gerekmektedir. Mücadelenin başarılı olması için nematod türlerinin biyolojik ve ekolojik özelliklerinin yanı sıra, nematod-bitki ilişkilerinin ve nematodların toprak ekosistemi içindeki diğer canlılarla karşılıklı etkileşimlerinin ortaya konması önemlidir.

Dünyada BPN'lerin mücadelesinde kullanılan yöntemlerin sayısı son yıllarda hızla artmış; münavebe ve nematisit uygulamalarını temel alan mücadele yöntemlerinden son derece kompleks mücadele yöntemlerine geçiş olmuştur. Bu geçişe Türkiye'de ayak uydurmalı, bu konudaki çalışmalara önem ve hız vermelidir.

Kimyasal mücadele yapılmadan basit ve çoğu üretici tarafından sıklıkla uygulanan çeşitli kültürel önlemlerin birbirini tamamlayacak şekilde kullanılmasıyla, nematodların bazı kültür bitkilerinde meydana getirdikleri zararlar önlenebilmektedir. En fazla üzerinde durulması gereken mücadele yöntemi de ekim nöbetidir. Ancak geniş konukçu dizisi bulunan türlere (örn. kök-ur nematodlarına) karşı uygun bitkiyi seçmek çok zordur. Bununla birlikte sınırlı sayıda konukçuya sahip olan türlere karşı (örn. kist nematodları) bu yöntem

başarılı bir şekilde uygulanabilir. Fakat burada da önemli ve dikkat edilmesi gereken sorun, bazı nematod türlerinin toprakta konukçusu olan bitkinin yokluğunda yıllarca canlılığını muhafaza etmesidir (Örn. patates kist nematodları, konukçusu olan patates olmadığı durumda 30 yıla kadar canlılığını muhafaza edebilmektedir). Eğer bir alanda birden fazla zararlı nematod türü varsa bunların tümüne karşı konukçu olmayan bitki seçmek de çok zordur.

Uzun yıllar boyunca BPN'lerle mücadele, yetiştirilen bitkinin değerine ve yetiştirilme yoğunluğuna bağlı olarak yapılmaktadır. Yoğun nematisit kullanımı, ürün rotasyonu ve dayanıklı çeşitlerin kullanımı ençok tercih edilen mücadele yöntemleri arasında yer almaktadır. Özellikle nematisitler geniş spekturumlu toprak fumigantları olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda nematisitlerin kullanımı, insan ve çevre sağlığına olan olumsuz etkileri nedeniyle sınırlandırılmaktadır. Bu nedenle günümüzde, nematodların sorun olduğu alanlarda zararlı popülasyonunu kabul edilebilir seviyede tutmak için birbirleriyle uyumlu bütün mücadele yöntemlerinin kullanıldığı "Entegre Mücadele"ye yönelim olmuştur. Entegre mücadele konusunda Türkiye'de de yeni çalışmalar başlamalı veya yürütülen çalışmalara hız verilmeli, elde edilen sonuçlar doğrultusunda mücadele stratejileri belirlenmelidir.

Türkiye'de bazı BPN'lere (çeltik beyaz uç nematodu, patates kist nematodu vb.) karşı ruhsat almış herhangi bir bitki koruma ürünü (nematisit) mevcut değildir. Ruhsat alan nematisitlerin büyük bir bölümü kök-ur nematodlarına karşı ruhsatlıdır. Ruhsat alan nematisitlere ait bazı aktif maddeler son derece zehirli olup, örtü altı sebze yetiştiriciliğinde toprak fumigantı şeklinde yaygın olarak kullanılmaktadır. BPN'lerin mücadelesinde yüksek toksik etkiye sahip fumigant etkili nematisitler etkili olmasına rağmen, özellikle geniş spektrumlu bir etkiye sahip olduklarından Avrupa Birliği'nde bazı aktif maddeler yasaklanmış ya da kısıtlanmıştır. Türkiye'de de aynı durum söz konusudur. Bunun yanı sıra, nematisitlerin yüksek derecede toksik etkiye sahip olması, kansorejenik etkisi ve ürünler üzerinde kalıntı problemi oluşturması, fumigant etkili nematisitlerin kullanımlarını azaltmaktadır. Böylece, alternatif mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi ve BPN'lerle mücadele için kimyasal mücadeleyi tamamlayıcı ve bütünleyici yöntemlerin uygulamaya konulması kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu bağlamda, kimyasal mücadeleyi tamamlayıcı ve bütünleyici yöntemlerin araştırılması ve Türkiye koşullarında uygulanabilirliğinin ortaya konularak bir an önce yaşama geçirilmesi son derece önemlidir.

BPN'lerle mücadelede kimyasal mücadeleye alternatif olarak biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemleri ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda bu yöntemlerle ilgili çalışmalar, özellikle fazla miktarda nematisitin kullanıldığı ürünlerde hız kazanmıştır. Tarım alanlarında en yaygın nematisit kullanımı kök-ur nematodlarına karşıdır. Bu yüzden kök-ur nematodlarına karşı ruhsatlı

nematisit sayısı diğer BPN'lere göre daha fazladır. Kimyasal mücadelenin yaygın olarak uygulandığı dünya tarım alanlarında kimyasal mücadeleye alternatif mücadele olanakları üzerine yapılan çalışmalardan ümitvar sonuçlar alınmış ve uygulamaya geçilmiştir. Türkiye'de de bu çalışmalar başlatılmalı ve bir an önce uygulamaya verilmelidir.

Biyolojik çeşitlilik açısından zengin olan Türkiye'de tür çeşitliliği de gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye kaynaklı biyolojik mücadele etmenlerinin tespiti ve bu etmenlerin önemli zararlılar üzerindeki etkilerinin ortaya konularak kullanım olanaklarının araştırılmasının önemi gün geçtikçe artmaktadır.

Kök-ur nematodlarına karşı biyolojik mücadelede Entomopatojen Fungus (EPF)'ların kullanımı dünyada son derece yaygın ve etkilidir. Türkiye'de BPN'lere karşı biyolojik mücadele çalışmalarına önem verilmeli ve bu çalışmalar desteklenmelidir.

Tarım alanlarında zararlılarla mücadelede bitkilerden elde edilen ekstraktların kullanımı son yıllarda artmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Dış ülkelerde yapılan çalışmalarla bitkiden elde edilen ekstraktlar ticari preparat haline getirilmiş ve geniş kullanım alanlarında uygulamaya konulmuştur. Bu konudaki çalışmalar devam etmektedir. Türkiye'de de bazı zararlılara karşı söz konusu bitki ekstratları kullanılmaktadır. Özellikle Entegre Mücadelenin ve Organik Tarım anlayışının geliştiği son yıllarda tarım alanlarında bitkisel kökenli çeşitli bileşikler kullanılmaktadır. Giderek artış gösteren organik tarım üretiminde büyük bir girdi olan ve kök-ur nematodları mücadelesinde eksikliği duyulan bitki koruma ürünlerinin yerini alabilecek bitkisel bitki koruma ürünlerinin ortaya konulması ve bu konuda araştırmaların yapılması önemlidir. Türkiye kaynaklı bitkisel kökenli preparatların ortaya konmasına dönük çalışmalara destek verilmelidir (Kepenekci 2012).

Kaynaklar

Anonymous. 2008. Zirai Mücadele Teknik Talimatları. Cilt 6. Başak Matbaacılık, Ankara, 11-65.

Diker, T., 1952. Samsun Bölgesinde Nematodların Hayat Devreleri Tahribat Şekilleri ile Arız Olduğu Bitkiler. (Doktora Tezi) (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesine Ziraat Doktoru payesi kazanılmak üzere sunulmuş), 86 s.

Kepenekci, İ. 2012. Nematoloji (Bitki Paraziti ve Entomopatojen Nematodlar) [Genel Nematoloji (Cilt-I) ISBN 978-605-4672-11-0, Taksonomik Nematoloji (Cilt-II) ISBN 978-605-4672-12-7] [Nematology (Plant parasitic and Entomopathogenic nematodes) (General Nematology, Volume-I) (Taxonomic Nematology, Volume-II) pp.1155.] Eğitim, Yayım ve Yayımlar Dairesi Başkanlığı, Tarım Bilim Serisi Yayın No:3 (2012/3), LIV+1155 sayfa.

Kepenekci, İ. 2014. Plant parasitic nematodes (Tylenchida, Nematoda) in Turkey. Pakistan Journal of Nematology 32, 11-31.

Ökten, M. E., Kepenekci, İ. and Akgül, H.C., 2000. Distribution and host association of plant parasitic nematodes (Tylenchida) in Turkey. Pakistan Journal of Nematology, 18 (1-2); Phılıs, J. ve Sıddıqı M.R., 1976. A List of Plant Parasitic Nematodes in Cyprus. Nematol. Medit., 4; 171-174.

Rahman, M.L. and Miah, S.A. 1989. Occurence and distribution of white tip disease in deepwater rice areas in Bangladesh. Revue de Nematologie 12, 351-355.

Siddiqi, M.R., 1986. Tylenchida parasites of plants and insects. Farnham Royal, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux, 645 pp.

YUKARI SEYHAN HAVZASI'NDA PEYZAJ KARAKTER TİPLERİ

Merve Ersoy Mirici*[1], Süha Berberoğlu[2]

[1]*Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü*
e-mail: merve.mirici@btu.edu.tr
[2]*Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü*
e-mail: suha@cu.edu.tr

Bu çalışma kapsamında Yukarı Seyhan Havzası'nda doğal peyzaj karakter tipleri Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojileri kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma alanı Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesinde bulunmaktadır. Çalışma alanı olarak belirlenen havza yaklaşık olarak 736 862 ha. alansal büyüklüğe sahip olup, biyolojik çeşitlilik açısından zengin bir özellik göstermektedir. Bunun nedeni yükselti farklılıkları ve değişken bitki örtüsüdür.

Peyzaj karakter analizi, bir peyzajın sahip olduğu jeoloji, toprak, arazi formu, iklim, bitki örtüsü, fauna ve insan faaliyetleri gibi elementler aracılığı ile analiz edilmesidir. Peyzajda karakter, bir peyzajı diğer peyzajlardan iyi ve kötü yönleri ile ayıran, bir peyzajda kalıcı, farklı ve algılanabilir elementlerin oluşturduğu desenler olarak ifade edilir. Bu çalışmanın sonucunda Yukarı Seyhan Havzası'nda arazi kullanımı/arazi örtüsü, yükseklik, eğim, meşcere haritası, büyük toprak grupları ve kayaç geçirimliliği bileşenleri kullanılarak peyzaj karakter tipleri haritası üretilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda çalışma alanın peyzaj karakter çeşitliliğinin ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Peyzaj Karakter Tipleri, CBS, UA, Yukarı Seyhan Havzası

Abstract

THE LANDSCAPE CHARACTER TYPES IN UPPER SEYHAN BASIN

In this study, natural landscape characteristic types were determined by using Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) technologies in Upper Seyhan Basin. The study area is located in the Eastern Mediterranean Region of Turkey and the covers an area of approximately 736 862 ha. and the study area is rich in biodiversty. This is due to elevation differences and variable vegetation species.

Landscape character is analyzed through elements such as geology, soil, topography, climate, land cover, fauna and human action that a landscape has. Landscape Character (LC) is defined as a distinct, recognisable and consistent pattern of elements in the landscape that makes one landscape different from another, rather than better or worse. The finally of study, landscape character type

maps specific to Upper Seyhan Basin were produced using landcover/landuse, elevation, slope, forest stand map, great soil groups and rock permeability components. According to the finding of the study have determined the landscape character diversity in the study area.

Keywords: Landscape Character Types, GIS, RS, Upper Seyhan Basin

Giriş

Peyzaj terimi, Fransızca manzara ve görünüm anlamına gelen "paysage" kelimesinden türemiştir. İngilizcede ise "landscape" olarak ifade edilen peyzaj sözcüğü, kavramsal olarak birçok çeşitliliğe sahiptir. Peyzajın ekolojik boyutunu göz önüne alan Forman ve Godron (1986) peyzajı etkileşim içerisindeki ekosistemlerin bir araya gelerek oluşturduğu ve benzer formlarda kendisini tekrar eden heterojen yapıdaki yeryüzü parçası olarak tanımlamıştır.

20. yüzyılın başlarında doğa bilimlerinin kurucusu sayılan A. Von Humboldt ise peyzajı; bir arazi parçasının tipik karakteri olarak tanımlamıştır. Zaman içerisinde bu tanım tipik karakter ifadesinden "toplam karakter" ifadesine değişim gösterdiği ifade edilmektedir (Krönert ve ark. 2001). Bu tanımı destekleyerek doğal peyzaj elemanlarının etkileşimleri üzerinde duran Uzun (2003), peyzaj olgusu içerisindeki niteliklerin ve karakteristiklerin tekrar etme eğiliminde olduğunu vurgulamaktadır. Farklı esasları dikkate alarak yapılan peyzaj tanımları dünya yüzeyinin farklı yapıdaki bölümlerini ifade etmekle birlikte bu alanlar özel süreçleri ve dinamik durumları içermektedir (Uslu ve ark. 2011). Bu ayırım noktasında peyzaj karakteri; bir peyzajı diğer peyzajlardan iyi ve kötü yönleri ile ayıran, bir peyzajda kalıcı, farklı ve algılanabilir elementlerin oluşturduğu desen olarak tanımlanır (Heritage, 2001; Washer, 2005).

Birbirinden farklı peyzajların ayrımında öncelikli adımlardan biri peyzaj birimleri veya peyzaj karakter tiplerinin belirlenmesidir. Şahin ve ark. (2014)'e göre peyzaj birimleri, mekanda tekrar etme eğilimine sahip en küçük alanları ifade etmektedir. Örneğin topoğrafya, alan kullanımı, tarihi yapı ve coğrafik özellikleri ile benzer özellikler taşıyan alan tipolojileri peyzaj karakter tipi olarak tanımlanmaktadır (Atik ve Ortaçeşme, 2010). Peyzaj tipolojisi, alan kullanımları, doğal ve kültürel özellikler, tarih gibi alanın özelliklerini tanımlayan öznitelikler dayalı sistematik yapı peyzaj tiplerini yansıtmaktadır.

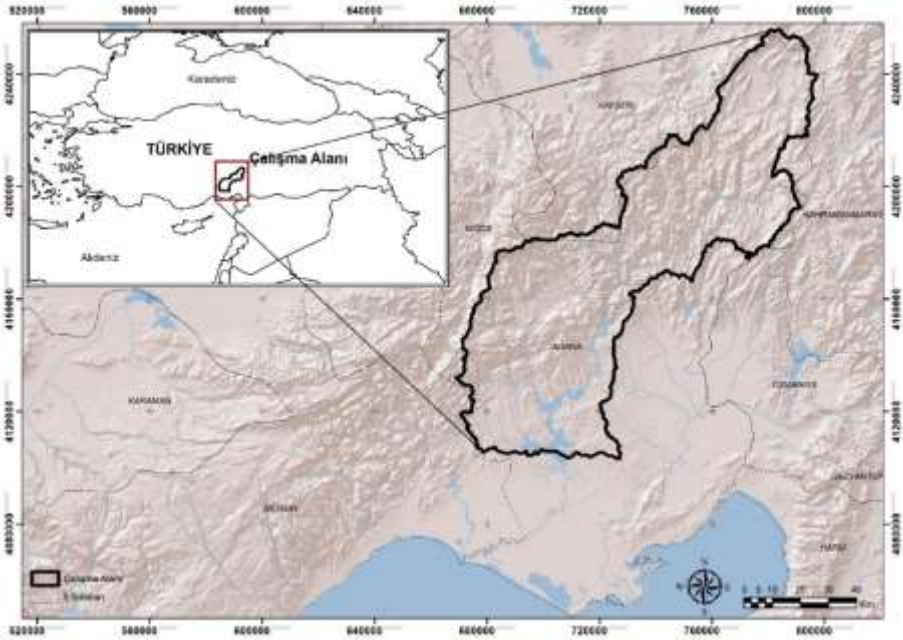
Türkiye Avrupa Peyzaj Sözleşmesi'ne 2003 yılında taraf olmuş ve bu sözleşmenin getirdiği yükümlülüklerin yerine getirilmesine yardımcı olması bakımından ülkemizde peyzaj karakter analizi araştırmaları gün geçtikçe yaygınlığını arttırdığı gözlenmektedir. Paralel bir şekilde ülke peyzajlarının tanınması, korunması, yönetimi ve gelişimine katkı sağlaması yönü ile farklı coğrafya ve farklı ölçeklerde peyzaj karakterlerinin tanımlanması ülke coğrafyasının sahip olduğu peyzaj çeşitliliğinin ortaya konulması bakımından da

büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda bu çalışmada yukarı Seyhan Havzası peyzaj karakter tiplerinin uzaktan algılama ve CBS yardımı ile belirlenmesi ve haritalandırılması sağlanmıştır. Peyzaj karakter analizi için bir başlangıç niteliğini taşıyan bu çalışmada çalışma alanının özgün peyzaj yapısını yansıtan faktörlerin belirlenmesi ve peyzaj çeşitliliğinin özellikler hangi havzalarda yoğunlaştığı üzerinde durulmuştur.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Alanı

Bu tebliğe konu olan çalışma alanı Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yer alan yaklaşık 736862 ha. büyüklüğünde Yukarı Seyhan Havzası'nın özellikle orman alanlarının yoğunlaştığı alt havzadır. Bu alan Adana şehir merkezinin kuzey kesiminden itibaren Kayseri'ye uzanan ormanlık alanları kapsamaktadır. Kırsal peyzaj özelliği gösteren bu alan tarımsal peyzajdan ziyade doğal ormanları, ilçe merkezleri ve köy alanlarını kapsamaktadır.



Şekil 1. Çalışma Alanı Konumu

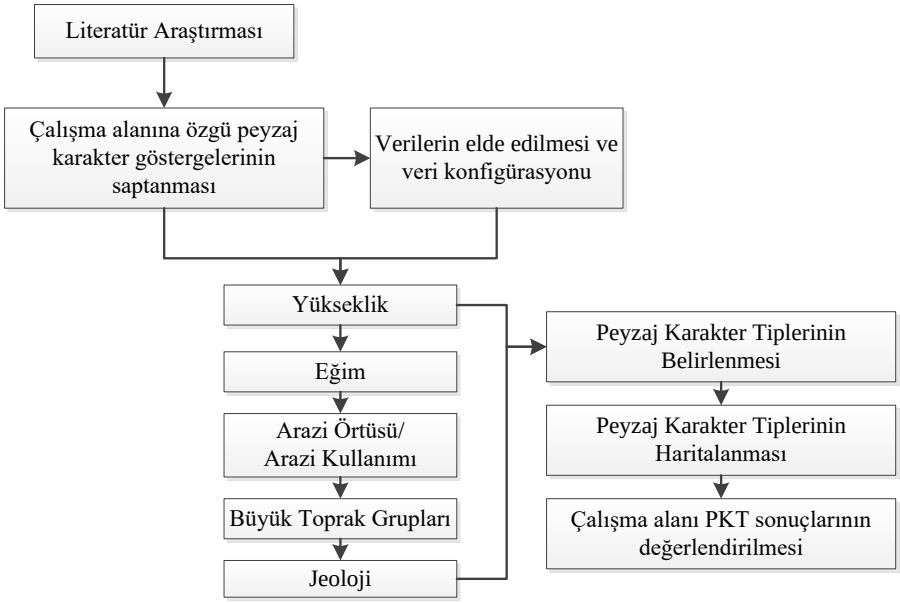
Çalışma alanı, Toros dağları ve güneyde geniş tarım ovaları ile çevrilmiştir. Ekosistem verimliliği bakımından ülkemizde önemli bir yeri olan Seyhan havzası sahip olduğu su bütçesi ve orman alanları ile öne çıktığı gözlenmektedir.

Veri ve Yöntem

Çalışma kapsamında yukarı Seyhan Havzası peyzaj karakter alanlarının belirlenmesi aşamasında gerçekleştirilen çalışmalar şekil 2'de gösterilmektedir.

Buna göre çalışmanın çatısını oluşturan literatür araştırmaları kapsamında Swanwick 2002; Washer 2005; VanEetvelde ve Antrop 2009; Atik ve Ortaçeşme 2010; Görmüş 2012; Şahin ve ark. 2014; Tudor 2014' ün çalışmaları incelenmiştir.

İrdelenen çalışmalar doğrultusunda ve yukarı Seyhan Havzası'nın peyzaj karakterleri bakımından öne çıkan doğal peyzaj faktörleri belirlenmiştir. Çalışma alanının doğal yapısını öne çıkaran (i) yükseklik, (ii) eğim, (iii) arazi örtüsü/arazi kullanımı/ (vi) büyük toprak grupları ve (v) jeoloji göstergeleri peyzaj karakter tipleri analizi için kullanılmıştır.

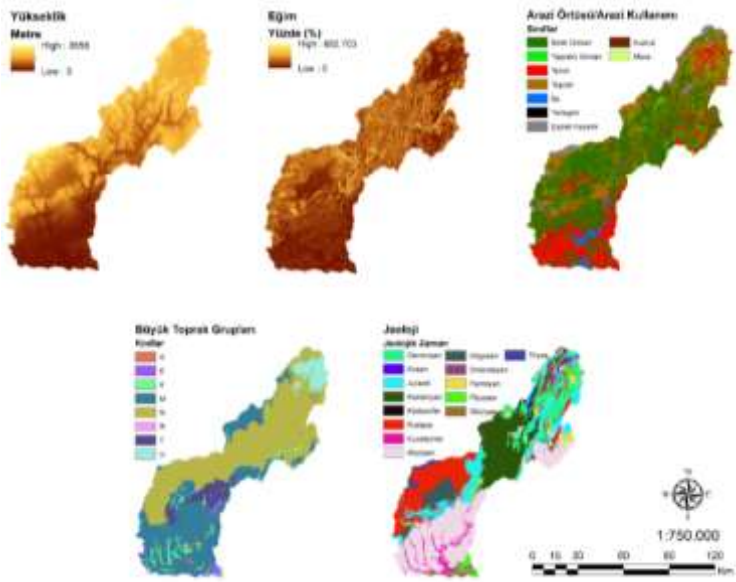


Şekil 2. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada yükseklik verisi USGS platformundan ücretsiz olarak raster veri formatında sayısal yükseklik modeli (DEM) biçiminde indirilmiştir. Eğim verisi ise DEM verisinden yüzde biçiminde üretilmiştir. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı (AÖ/AK) verisi Mirici ve Berberoğlu (2016) tarafından uzaktan algılama yardımıyla hibrit sınıflandırma yöntemi kullanılarak üretilen sınıflandırma haritası kullanılmıştır. Doğal peyzaj karakter tiplerinin diğer bileşenleri olan Büyük Toprak Grupları ve Jeoloji haritası Berberoğlu ve ark. (2014)'dan elde edilmiştir.

Peyzaj karakter analizi çalışmaları holistik (bütüncül) ve parametrik olmak üzere iki temel yöntem üzerinden gerçekleşmektedir. Bu çalışmada parametrik yöntem temel alınarak doğal peyzaj faktörleri üst üste çakıştırılmıştır. Çakıştırma aşamasından önce bileşenler karakter tipleri kodlarına göre yeniden

sınıflandırılmıştır (Tablo 1). Yeniden sınıflama sonrası konumsal olarak üst üste gelen beş temel doğal peyzaj bileşenleri raster veri formatında karakter tipleri bütünleştirilmiş biçimde haritalandırılmıştır. Çalışma alanına ilişkin doğal peyzaj karakter tiplerinin belirlenmesinde kullanılan temel bileşenler Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Doğal peyzaj bileşenleri

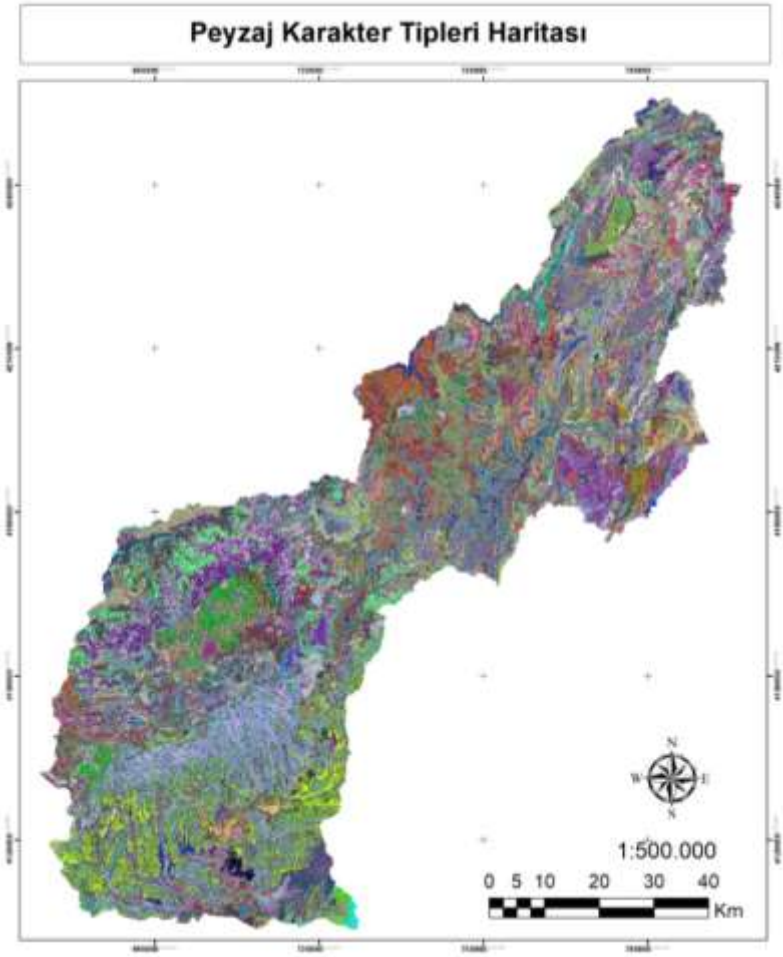
Tablo 1. Doğal peyzaj bileşenleri ve karakter kodları

Yükseklik (m)	**Kodlar**	**Eğim (%)**	**Kodlar**
0-100	Yuk1	0-5	Eg1
100-1000	Yuk2	5-10	Eg2
1000-1500	Yuk3	10-20	Eg3
1500-2000	Yuk4	20-30	Eg4
2000-3555	Yuk5	>30	Eg5
AÖ/AK	**Kodlar**	**BTG**	**Kodlar**
İbreli Orman	ib	Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar	N
Yapraklı Orman	Yap	Kahverengi Orman Toprakları	M
Tarım	Ta	Kolüvyal Topraklar	K
Toprak	To	Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları	E
Su	Su	Kırmızı Akdeniz Toprakları	T
Yerleşim	Yer	Rendzinalar	R
Çıplak Kayalık	Ka	Alüvyal Topraklar	A
Kumu	Ku	Kireçsiz Kahverengi Topraklar	U

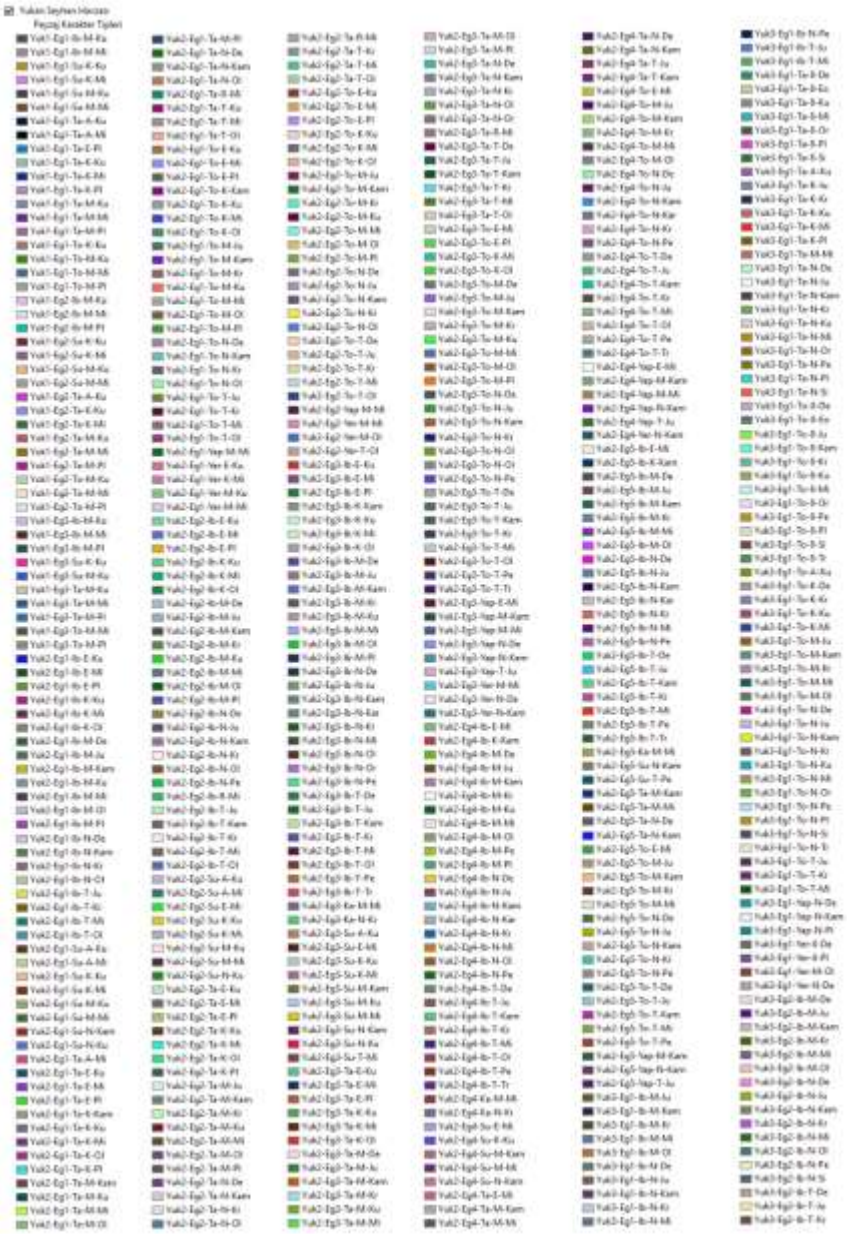
Mera	Me		
Jeoloji	**Kodlar**		
Karbonifer	Kar	Kambriyen	Kam
Devoniyen	De	Trias	Tr
Eosen	Eo	Jurasik	Ju
Kretase	Kr	Pliyosen	Pl
Miyosen	Mi	Oligosen	Ol
Permiyen	Pe	Ordovisiyen	Or
Kuvaterner	Ku	Silüriyen	Sl

Sonuçlar

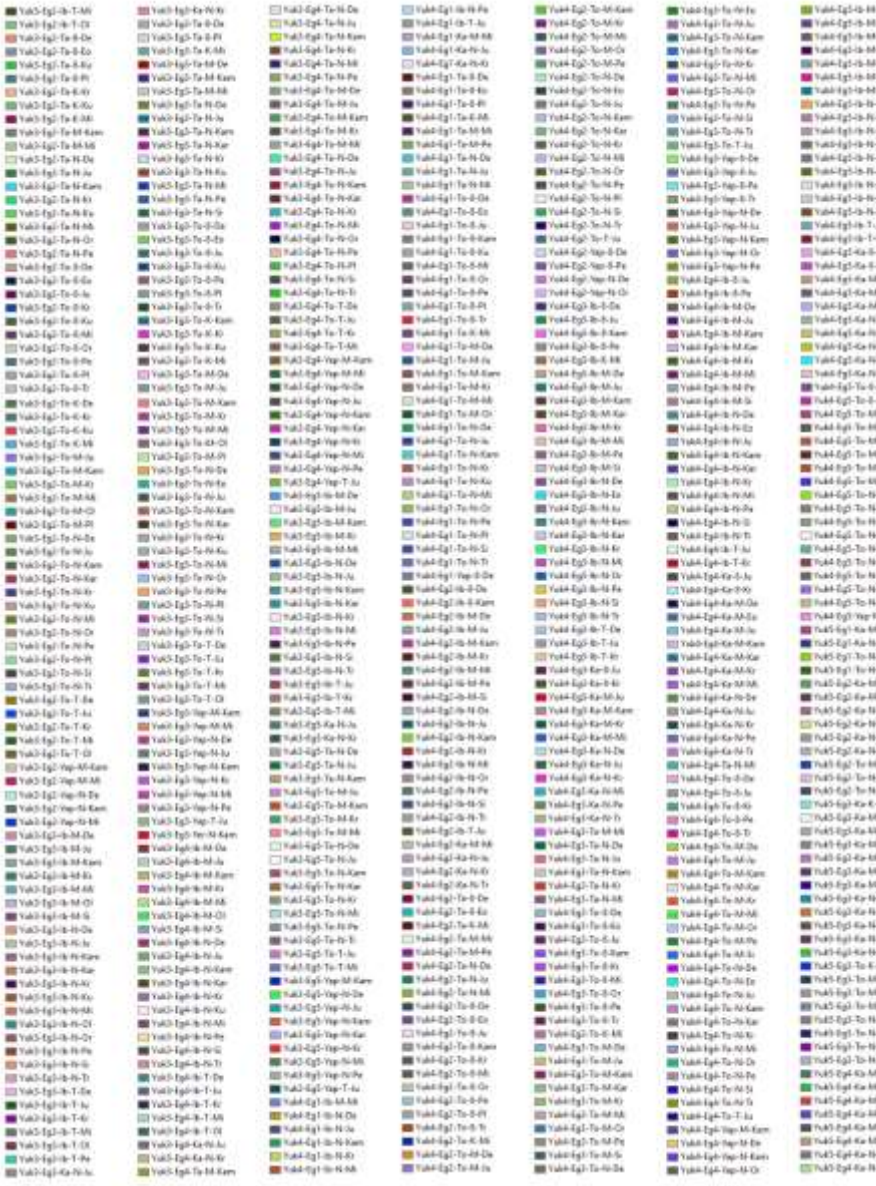
Çalışma alanında doğal peyzaj bileşenlerine ilişkin 5 farklı yükseklik grubu, 5 farklı eğim grubu, 9 farklı arazi örtüsü/arazi kullanımı grubu, 8 farklı büyük toprak grubu ve 14 farklı jeolojik zaman grubu katmanları konumsal olarak üst üste getirilerek kesiştirilmiştir. Bu kesişim süreci sonrası doğal peyzaj bileşenlerine ait kodlar bir araya getirilerek konumsal kesişimlerin kimlikleri ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda yukarı Seyhan Havzası peyzaj karakter tipleri haritası Şekil 4'te gösterilmiştir. Haritaya ilişkin lejant bilgisi ise haritanın devamında Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.



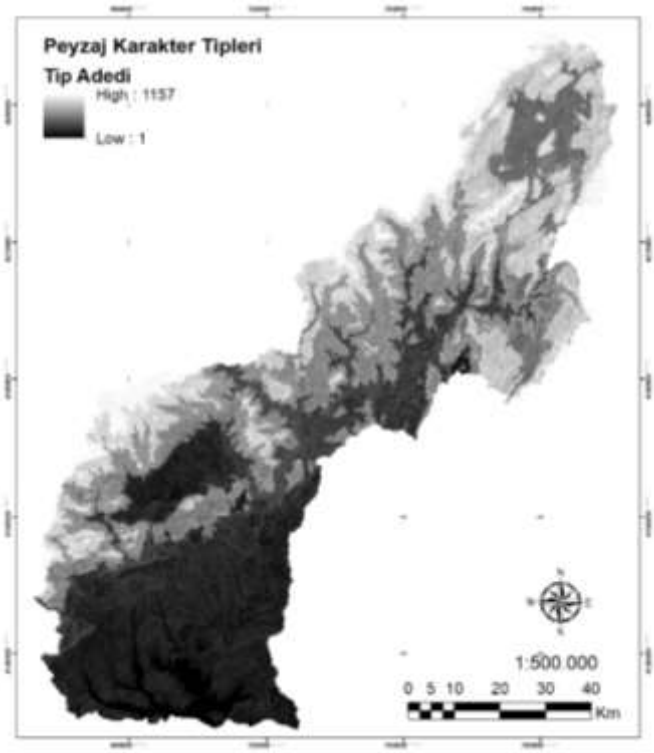
Şekil 4. Yukarı Seyhan Havzası Peyzaj Karakter Tipleri Haritası



Şekil5. Peyzaj Karakter Tipleri Lejantı



Şekil 6. Peyzaj Karakter Tipleri Lejantı



Şekil 7. Uzatılmış gösterim ile peyzaj karakter tipleri sayısı ve tiplerin genel dağılımı

Doğal peyzaj bileşenlerinin konumsal kesişimleri peyzaj birimi olarak ele alındığı gibi ülkemizde yaygın olarak peyzaj karakter tipleri olarak isimlendirilir. Çalışma alanında peyzaj birimleri veya peyzaj karakter tipleri sayısı ne denli yüksek ise o bölgenin peyzaj çeşitliliğinin o denli yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Bu çalışma kapsamında doğal bileşenler göz önüne alınarak raster veri formatında üretilen toplam peyzaj karakter tipleri sayısı 1157 olarak belirlenmiştir. Alana ilişkin peyzaj karakter tipleri sayısı Şekil 7'de gösterilmektedir.

Peyzaj karakter tiplerinin konumsal dağılımı incelendiğinde en homojen dağılımın Karaisalı ilçesinde gözlendiği en heterojen dağılımın ise Feke ve Saimbeyli ilçelerinde olduğu gözlenmiştir. Bu çeşitliliği sağlayan en temel bileşenler eğim, arazi örtüsü/arazi kullanımı ve jeoloji faktörler olarak öne çıkmaktadır. Buna göre peyzaj bileşenlerine ait sınıf sayıları, grup veya kategorilerinin yüksek olması karakter tiplerindeki kombinasyon sayısını arttırdığı için ideal gruplama/kodlamayı yapmak büyük önem taşımaktadır.

Nitekim peyzaj karakter analizi çalışmaları için ilk basamağı oluşturan bu temel çalışmada ideal sınıf sayıları üzerine düşünülmüş ve farklı grup sayıları için birçok deneme yapılmıştır. Normal şartlar altında arazi örtüsü/arazi kullanımı bileşeni ibreli ve yapraklı ormanlar ayrıntılı türleri içerirken bu çalışma için orman alanı yalnızca ibreli ve yapraklı düzeyinde tutulmuştur. Çalışma hiyerarşisi mikro havza ölçeğinde gerçekleştirilmek istendiğinde peyzaj bileşenlerine ait grup sayıları fazlalaştırılabilirken makro havza ölçeğine eriştikçe bileşen içeriklerinin daha genel düzeyde ele alınmaktadır. Bu çalışmanın peyzaj analizi çalışmaları için bir giriş niteliğinde olduğu, peyzaj karakter tiplerinin kümeleme analizine ihtiyaç duyduğu söylenebilir. Bu kapsamda ilerleyen araştırmalarda yukarı Seyhan Havzası peyzaj karakter tiplerinin kümeleme analizleri gerçekleştirilerek görsel ve kültürel peyzaj bileşenleri ile zenginleştirilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

Atik, M., Ortaçeşme, V. (2010). Peyzaj Karakter Analizi Yöntemi ile Antalya Side Bölgesi Kültürel Peyzajların Karakter Analizi. 108Y345 TÜBİTAK Projesi.

Berberoğlu, S., Hickler, T., Özkan, Ç., Evrendilek, F., Küçük, Ö., Dönmez, C., Tanrıöver, A., Erdoğan, M., Çilek, A. Forrest, M., Kapur, B., Ersoy, M., Şahingöz, M., 2014. İklim Değişikliği ve Türkiye Çevresel Risk Analizi 110Y338. Adana. TÜBİTAK Projesi.

Forman, R. T. T., Godron, M. (1986), Landscape Ecology. John Wiley & Sons, Inc, Canada.

Gormus, S. (2012). Korunan Alanlarda Peyzaj Karakter Analizi: Kastamonu-Bartın Küre Dağları Milli Parkı Örneği, in Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi. Ankara.

Heritage, The Countryside Agency and Scottish Natural. (2001). Landscape Character Assessment: Guidance for England and Scotland (CAX 84).

Krönert, R., Steinhart, U., Volk, M. (2001). Landscape Balance and Landscape Assessment. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Mirici, M. E., Berberoğlu, S. (2016). Karışık Orman Meşcerelerinin Ayrıştırılmasında Karar Ağacı Sınıflama Yönteminin Kullanılması. Dünya Coğrafi Bilgi Sistemleri Günü. İstanbul.

Swanwick, C. (2002). Landscape Character Assessment. Guidance for England and Scotland, The Countryside Agency, Scottish Natural Heritage.

Şahin, Ş, Perçin, H, Kurum, E, Uzun, O, Bilgili, B. (2014). Bölge - Alt Bölge (İl) Ölçeğinde Peyzaj Karakter Analizi ve Değerlendirmesi Ulusal Teknik Kılavuzu. Ankara: İçişleri Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Uslu, A., Yazgan, M., Erdoğan, E., Dilaver, Z., Barış, E. (2011), *Peyzaj Çevre ve Tarım*. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.

Uzun, O. (2003), Düzce Asarsuyu Havzası Peyzaj Değerlendirmesi ve Yöntem Modelinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

VanEetvelde, V, Antrop, M. (2009). A Stepwise multi-scaled landscape typology and characterisation for trans-regional integration, applied on the federal state of Belgium. Landscape and Urban Planning, 91, 160-170.

Tudor, C. (2014). An Approach to Landscape Character Assessment. Vol. Catalogue Code: NE579. Natural England Core Document.

Washer, D. (2005). European Landscape Character Areas Typologies, Cartography and Indicators for the Assessment of Sustainable Landscapes Final Project Report. In D. Washer (Ed.): European Landscape Character Assessment Initiative (ELCAI).

POSTER PRESENTATIONS / POSTER SUNUMLAR

ZnO FİLMLERİNİN ÖZELLİKLERİ VE UYGULAMA ALANLARI

Huriye Zeynep KAKACAK*, Derya PEKER, Arzu KIRAK

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir

zeynepkakacak@gmail.com

ÖZET

Sensörler, lazer, dedektörler, elektriksel ekipmanlar, bataryalar, sabun, kauçuk, boyalar, LED'ler, kozmetik, plastikler, gıda, eczacılık, tekstil, yem sanayi, yer mürekkepleri, kaplamalar v.b. birçok kullanım alanı bulunan ZnO filmler, periyodik tablonun II B-VI A grubundan bir bileşik yarıiletkendir. Son zamanlarda ZnO filmler üzerine yapılan araştırma projelerindeki artışa ve ilgili yayın sayılarına bakıldığında bu alanda yoğun bir ilginin var olduğu görülmektedir. Bilim adamlarının ve araştırmacıları ZnO filmler ile ilgili alanlarda çalışmalara iten en önemli etken ZnO filmlerin 300 °K'de E_g~3.33 eV gibi geniş bir direkt bant aralığına sahip olması ve dolayısıyla da optoelektronik uygulamalarda potansiyel bir yarıiletken malzeme olarak görülmesidir.

Anahtar Kelimeler: ZnO, Güneş Pilleri, İnce Film.

ZnO ve özellikleri; son yıllarda birçok deneysel ve teorik çalışmaya konu olmuştur.

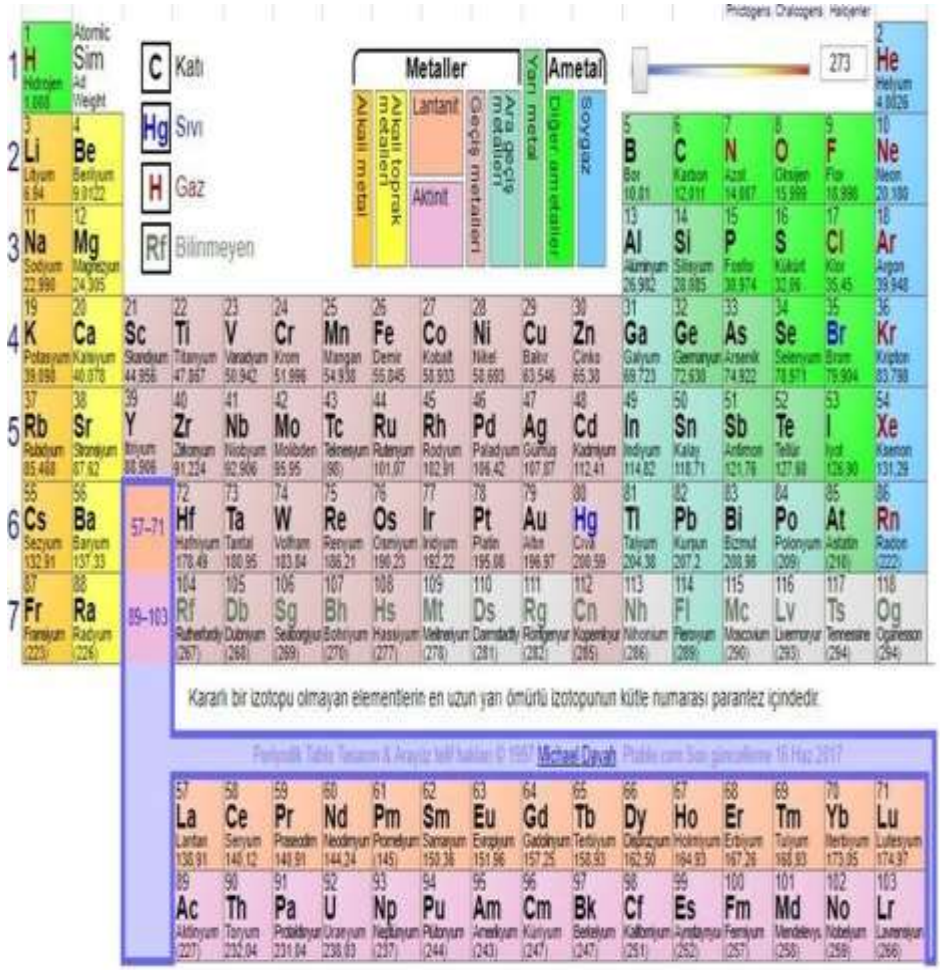
Formul : ZnO

CAS no : 1314-13-2

M.A. : 81,38 gr/mol

Yoğunluk : 5,66 gr/cm^3

Asit ve alkalide çözünen, ancak su ve alkolde çözünmeyen, beyaz pudra görünümlü inorganik bir bileşiktir. Bu inorganik bileşiğinin çok kilit özellikleri bulunmaktadır. Yüksek kırılma indisi, yüksek ısı iletkenliği, antibakteriyel özelliği, düşük genleşme katsayısı gibi kendine has özellikleri sebebiyle birçok endüstride kullanım imkanı bulunmuştur [1].



Şekil-1: Periyodik Tablo [2].

ZnO periyodik tablonun II B-VI A grubundan bir bileşik yarıiletkendir (Şekil-1). Son zamanlarda ZnO üzerine yapılan araştırma projelerindeki artışa ve ilgili yayın sayılarına bakıldığında bu alanda yoğun bir ilginin var olduğu görülmektedir. Bilim adamlarını ve araştırmacıları ZnO ve ilgili alanlarda çalışmalara iten en önemli etken ZnO'nun 300 °K'de E_g~3.33V gibi geniş bir direkt bant aralığına sahip olması ve dolayısıyla da optoelektronik uygulamalarda potansiyel bir yarıiletken malzeme olarak görülmesidir.

ZnO bileşiği; geniş bir eksiton bağlanma enerjisine sahiptir. ZnO tabanlı aygıtlar için kristal büyütme teknolojisi içinde en basit olan yarıiletkendir. ZnO tüm asit ve alkalilerde kolaylıkla aşındırılabilir ve küçük boyutlu aygıtların üretimi için bir fırsat sağlar. Direk ve geniş bant aralığına sahiptirler. Yüksek

boyutlarda örgü sabiti ve ısısal genleşme sorunu olmaz. Yüksek enerjili elektromanyetik radyasyona bilinen en dayanıklı yarıiletkendir (Şekil-2) [3].

Çinko oksit, formül ZnO ile bir inorganik bileşiktir. ZnO, suda çözünmeyen, beyaz bir tozdur ve yaygın boyalar, merhemler, yapıştırıcılar, sızdırmazlık maddeleri, pigmentler, kauçuk, plastik, seramik, cam, çimento, kayganlaştırıcılar dahil olmak üzere çok sayıda maddelerin ve ürünlerin bir katkı maddesi olarak kullanılır, gıdalar, piller, feritlerin yangın geciktiriciler, ve ilk yardım bantları. Mineral zincite doğal olarak meydana gelmesine rağmen, en çok çinko oksit sentetik olarak üretilir.

Saf ZnO, beyaz bir tozdur, ancak doğal olarak nadir bulunan mineral çinkittir ve genellikle manganez ve sarıdan kırmızıya renk katan diğer safsızlıkları içerir.

Çinko oksit, amfoterik bir oksittir. Suda neredeyse çözünmez, ancak hidroklorikasit gibi asitlerin çoğunda erir :

$ZnO + 2\ HCI \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$

Katı çinko oksit, çözünür çinkoat vermek üzere alkalilerde de çözünür:

$ZnO + 2\ NaOH + H_2Na \rightarrow O_2\ [Zn\ (OH)_4]$

ZnO, oleat veya stearat gibi karşılık gelen karboksilatları üretmek için yağlardaki yağ asitleriyle yavaş reaksiyona girer. Çinko klorür güçlü bir sulu çözeltisi ile karıştırıldığında ZnO çimento benzeri ürünler oluşturur ve bunlar çinko hidroksi klorür olarak en iyi tanımlanır. Bu çimento diş hekimliğinde kullanılmıştır.

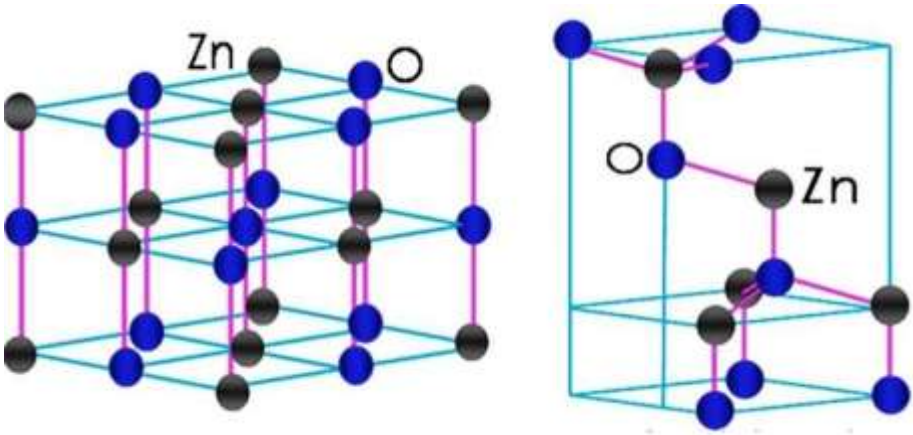
ZnO, ayrıca fosforik asit ile işlendiğinde çimento benzeri bir malzeme oluşturur; ilgili malzemeler diş hekimliğinde kullanılmaktadır. Bu reaksiyon ile üretilen çinko fosfat tutkalı önemli bir bileşenidir .

Hopeit, $Zn_3\ (PO_4)_2 \cdot 4H_2O$

ZnO, standart oksijen basıncı ile 1975 °C civarında çinko buharı ve oksijene ayrışır. Bir de karbotermik reaksiyon, karbon ile ısıtma çok daha düşük bir sıcaklıkta (yaklaşık olarak 950 °C), çinko buharına oksit dönüştürür.

$ZnO + C \rightarrow Zn\ (Buhar) + CO$

Çinko oksit, alüminyum ve magnezyum tozları ile şiddetli reaksiyon gösterebilir; ısıtmada klorlu kauçuk ve keten tohumu yağı, yangın ve patlama tehlikesine neden olabilir. Çinko sülfit vermek üzere hidrojen sülfid ile tepkimeye girer . Bu reaksiyon ticari olarak kullanılır [4].



Şekil-2: ZnO Kristal Yapısı Şematik Gösterimi [5].

İnce film, kalınlığı nanometre boyutundan mikrometrelere kadar uzanan çeşitli katman malzemelerine verilen isimdir. Fiziksel ve kimyasal olmak üzere çeşitli yöntemlerle elde edilmektedirler. Elektronik yarıiletken aygıtlar ve optik kaplamalar, ince film yapılardan yararlanılan temel uygulamalardır. İnce film teknolojisi; cep telefonu ekranları, transistörler, LED ampuller, LCD/LED tv ekranları, güneş pilleri kullanım alanlarındandır. İnce filmlerin çeşitli üretim yöntemleri bulunmaktadır [6].

ZnO ince filmler; RF Magnetron Saçtırma, pulslu lazer depolama, ultrasonik sprey püskürtme, elektron demetli buharlaştırma ve sol-gel gibi birçok teknikle üretilebilmektedir. Bu çalışmada da, ZnO ince filmler, basit ve düşük maliyetli bir ince film kaplama tekniği olan sol-gel döndürerek kaplama tekniği ile üretilmiştir (Şekil-3) [6].

ZnO ince filmler Sol-Gel döndürerek kaplama yöntemi, elde edilecek filmler için hazırlanan çözeltilerin bir taban üzerine aktardıktan sonra bu tabanı çeşitli hızlarda ve sürelerde döndürerek çözeltinin bu taban üzerine yayılması ile film oluşturmasıdır. Döndürerek kaplama yönteminde; film kalınlığı, dönüş hızı, dönüş zamanı, kaplama sayısı, çözelti hacmi ve tavlama sıcaklığı gibi parametreler değiştirilerek üretilmek istenen filmler kolayca çeşitlendirilebilir. Bu yöntem düşük maliyetli ve hızlı üretimlere olanak sağladığı için yaygın olarak tercih edilmektedir [7].

Nano yapılı malzemelerin ve cihazların tasarlanmasını, üretimini ve işlevsel olarak kullanımını kapsayan nanoteknoloji alanındaki yeni gelişmeler için vazgeçilemez ilk adım ince filmlerin üretimidir. Aygıt teknolojisi uygulamalarında sıkça kullanılan ince filmlerin gerek performanslarının arttırılması gerekse maliyetlerinin düşürülmesi için hem akademik hem de endüstri alanında yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

KAYNAKLAR

1)https://chemicalceo.com/tag/zno-nedir
2)https://www.ptable.com/?lang=tr
3)https://www.slideshare.net/serenler/zno-inko-oksitler-sunum-zincoxide
4)http://www.askimya.com/en/products/zinc-oxide-213.htmll 5)Khairunisak Abdul Razak, Mohamad Nor Noorhashimah,NurSyafinaz Ridhuan
6) Sönmezoğlu S., Koç M., Akın S., İnce film üretim teknikleri, 2012. 7)Wang M., 2008, Optical and structural properties of sol-gel prepared MgZnO alloy thin films, Thin Solid Films, 516, 1124-1129.

YAPIŞMAZ MALZEMELERDE KULLANILAN DOLGU MALZEMELERİNİN YÜZEY ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Onurhan TOÇ
Kocaeli Universitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü Kocaeli-TURKİYE
Gizem Seramik Frit ve Glazür San. Tic. A.Ş, Sakarya-TURKİYE
onurhan.toc@gmail.com

Doç. Dr. Ayşe AYTAÇ*
Kocaeli Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli-TÜRKİYE
Kocaeli Üniversitesi, Polimer Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Kocaeli-TÜRKİYE
*Sorumlu yazar: aaytac@kocaeli.edu.tr

Özet

Yapışmaz kaplamalar düşük sürtünme katsayısına, yüksek korozyon direnci, dielektrik dayanımı ve sıcaklık dayanımına sahip olmaları nedeniyle farklı endüstriyel alanlarda kullanım olanağı bulmaktadır. Yapışmaz kaplamalar, polimer esaslı kaplamalardır ve ana bileşenleri bağlayıcı (reçine), pigment (renk verici kimyasal), floropolimerler, katkılar ve taşıyıcılardır (su veya çözücü kimyasallar) [1]. Yapışmaz kaplama olarak, teflon kullanılan mutfak gereçleri, dış etkenlerden çok kolay etkilenmekte ve çok çabuk zarar görmektedirler. Bu tür kaplamalarda aşınma sorununu gidermek için kaplama reçetesi içinde genel olarak silisyum karbür (SiC) kullanılmaktadır. Silisyum Karbür (SiC) alternatif olarak alümina, grafen, karbon nanotüp kullanılmıştır. Bu çalışmada aşınma problemini gidermek ve daha uzun süreli kullanılabilen mutfak gereçleri elde etmek hedeflenmiştir. Bu amaçla, dolgu malzemesi olarak kullanılan SiC hibrit formda alümina, grafen ve karbon nanotüp takviye edilmiştir. Yapılan çalışmalarda; ilk önce kontrol yöntemi olarak yüzey analiz testleri yapılmaktadır. Yüzey testlerinden geçen denemeler ise aşınma testleri uygulanmıştır. Farklı tane boyutlarındaki malzemelerin yapı içerisindeki dağılımları ise Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri ile incelenmiştir. Kaplamaların, yapışmazlık özelliğine etkisi ise Temas Açısı Ölçüm Cihazları ile belirlenmiştir. Temas açısı ölçümleri sonucunda alümina, grafen ve karbon nanotüp karışımları sek SiC

reçetesine göre daha iyi sonuçlar elde edilmiş olup, karışımlarda aşınma, renk, yüzey dağılımı ve porozite de farklılıklar gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Poli(tetra floro etilen), Aşınma, Silisyum Karbür (SiC), Karbon nanotüp, Grafen

Abstract

It is widely accepted that fluorocarbon polymers, polytetrafluoroethylene (PTFE) coating compositions, are used to obtain a non-stick surface in various types of cookware. Such coatings make it possible to use less oil and make easier dishwashing [1]. Non-stick coatings are polymer-based coatings with low friction coefficient, high corrosion resistance and temperature resistance. Its main components are binding agent (resin), pigment (coloring agents), fluoropolymers, additives and suspensions (water or solvent chemicals). The major disadvantage of these coatings is low abrasion resistance. Silicon carbide (SiC) is generally used in the coating recipe to eliminate the problem of abrasion. Silicon Carbide (SiC) is alternatively used in alumina, graphene and carbon nanotube. In this study, it was aimed to eliminate the abrasion problem and to obtain cookware that can be used for a longer period. For this purpose, alumina, graphene and carbon nanotubes have been reinforced in SiC hybrid form were used as filling material. Firstly, surface analysis tests were performed as the control method. Surface tests were carried out with abrasion tests. The distributions of materials of different particle sizes within the structure were examined with Scanning Electron Microscope (SEM) images. The effects of the coatings on the non-stick properties was determined by Contact Angle Measurement Devices. As a result of contact angle measurements, alumina, graphene and carbon nanotube mixtures were obtained better than SiC prescription, and differences in abrasion, color, surface distribution and porosity were observed.

Keywords: Poly (tetrafluoroethylene), Abrasion, Silicon Carbide (SiC), Carbon Nanotube, Graphene

1.GİRİŞ

Günlük yaşantımızda karşılaştığımız yoğun iş tempoları nedeniyle hayatı kolaylaştıracak, zamandan tasarruf sağlayacak yenilikler günümüzde oldukça fazla tercih edilmektedir. 1900'lü yıllarda mutfaklarda sıklıkla kullandığımız çelik tencerelerin yıkama zorluğu ve yemek artıklarının çok zor temizlenmesi, bilim insanlarını farklı arayışlar içerisine sürüklemiştir.

1938 yılında Du Pont firmasında çalışan kimyacı Dr. Roy J. Plunkett tarafından tesadüfen keşfedilen teflon, ilk olarak 2.dünya savaşında silah sanayisinde conta üretiminde kullanılmıştır. Savaşın devam ettiği 1940'lı yıllarda ise teflona şekil verme ve metal yüzeyleri kaplama yöntemleri geliştirilmiştir. 1938 yılında keşfedilen bu ürün 1960'lı yıllara doğru günlük hayatımıza girmeye başlamıştır [1].

Yapışmaz kaplamaların düşük sürtünme katsayısı, yüksek korozyon direnci ve geniş çalışma aralığına sahip olması sebebi ile endüstride sıklıkla tercih edilirken, aşınma direncinin düşük olması en büyük olumsuz etkisidir. Mutfak gereçlerinde sıklıkla kullanılan floropolimer bazlı malzemeler, aşınmaya karşı dirençlerinin düşük olmasından dolayı malzemenin ömrünün kısa olmasına sebep olmaktadır. Floropolimer esaslı bir malzeme olan yapışmaz kaplamalar yapısında bağlayıcı, pigment, katkılar ve taşıyıcılar bulundurmaktadır [2].

Aşınma direnci, astar kat olarak tanımlanan alüminyum taban ile üst kat arasında bulunan ve yapıyı alüminyumdan gelebilecek zararlı etkilerden koruyan katman tarafından iyileştirilebileceği düşünülmüştür. Astar katın içerisinde bulunan dolgu malzemeleri yapının aşınma direncini belirlemektedir.

Bu çalışmada dolgu malzemesi olarak kullanılan Silisyum karbüre (SiC) alternatif olarak alümina, karbon nanotüp (CNT) ve grafen takviye edilmiştir. Hazırlanan reçeteler ilk olarak kaplamanın yüzeye tutunmasını yorumlamak için kareleme testi, yapşmayı değerlendirmek amacıyla yumurta testi ve uzun ömürlülüğünü gözlemleyebilmek için ise aşınma testi uygulanmıştır. Yorumlanan kaplamalar daha sonra taramalı elektron mikroskobu (SEM), temas açısı ölçümü (CA), fourier transform infrared spektroskopisi (FTIR) ve termal gravimetrik analiz (TGA) sonuçları ile desteklenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Teflon Formülasyonunda Kullanılan Hammaddeler

Yapışmaz kaplamalı malzemelerin yapısında floropolimer olarak politetrafloroetilen (PTFE) kullanılmıştır. PTFE polimeri yapıya yapışmazlık özelliği kazandırmıştır. Yapıda kullanılan diğer bileşenler ise pigment, reçine, dolgu malzemesi, çözücü ve yüzey aktif malzemelerdir. Gemiciler Boya Kimyevi Maddeler San. Tic. A.Ş firmasından tedarik

edilen siyah ve mavi pigmentler renklendirici olarak kullanılmıştır. Reçine olarak kullanılan PAI yapıda bağlayıcı olarak kullanılmıştır.

2.2. Teflon Malzemelerinin Hazırlanması

Teflon kaplama malzemelerinde dolgu olarak kullanılan SiC'e alternatif olarak alümina, CNT ve grafen içeren altı farklı reçete hazırlanmış olup reçeteler Tablo 1.1'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1 Dolgu malzemesi oranları

Numuneler	SiC (%)	Alümina 4 mikron (%)	Karbon nanotüp (%)	Grafen (%)
STD	3	-	-	-
R4	-	3	-	-
R7	1,5	1,5	-	-
R8	2,85	-	0,15	-
R9	2,55	-	0,45	-
R10	2,85	-	-	0,15
R11	2,55	-	-	0,45

3. SONUÇLAR

3.1 Kareleme Testi

Teflon kaplamalı yüzeyin alüminyum altlık ile yapışma performansının değerlendirildiği test yöntemidir. Temizliği sağlanan yüzeyler keskin uçlu bir bıçak ile düz şeritler halinde çizilmektedir. Bu işlem çift yönlü ve birbirlerini 90° açı oluşturacak şekilde uygulanmaktadır. Yüzeyde oluşan karelerin üzerine özel bir bant yapıştırılarak hızlıca çekilmektedir. Bu işlem 3 kere tekrarlanmaktadır ve kaplamanın yüzeye tutunması ISO-2409:2007 standartlarına göre değerlendirilmektedir. Kareleme testi sonuçları Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Tüm reçeteler kareleme testinden geçmiş olup yüzeye tutunma problemi gözlemlenmemiştir.

STD **R4** **R7** **R8**

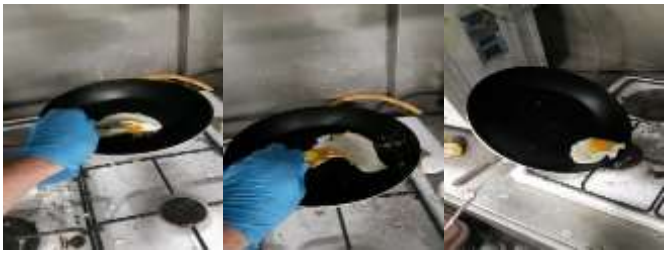
R9 **R10** **R11**

Şekil 3.1 Kareleme testi sonuçları

3.2. Yumurta Testi

Günlük hayatımızda teflon kaplı malzemeler kolay temizlenebilme özelliği sebebi ile sıkça tercih edilmektedir. Yumurta testi ile hazırlanan reçetelerin temizlenebilme seviyeleri belirlenmiştir. Testler 150°C ye ulaşan yüzeyler üzerine uygulanmıştır. İstenilen sıcaklık seviyesine ulaşan yüzeylere yumurtanın beyaz kısmı 3 dakika süre ile pişirilmiştir. 3 dakika sonucunda yüzeye yapışmaları değerlendirilmiştir. Bu işlem 5 defa tekrarlanarak yüzeyler yorumlanmıştır. Görsel bir test olan yumurta testine göre, alümina takviyeli yüzeyler standarttan daha iyi sonuç verirken, CNT ve grafen dolgu malzemesi içeren yüzeylerde yapışma gözlemlenmiştir. Testin görselleri Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

STD **R4** **R7** **R8**



R9 **R10** **R11**

Şekil 3.2. Yumurta testi sonuçları

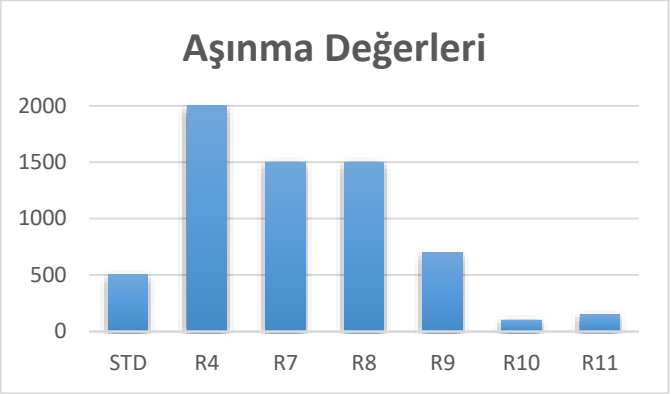
3.3. Aşınma Testi

Teflon kaplanmış yüzeyin aşınmalara karşı göstermiş olduğu direncin değerlendirildiği test yöntemidir. Test uygulanacak numuneler Şekil 3.3'teki gibi düzeneğe sabitlenmiştir. Numune yüzeyi ile sünger arasına %1 lik deterjan karışımı eklenmiştir. Aşınma testi, 3M firmasından tedarik edilen özel süngerler ile 3,2 kilogramlık bir yük altında, dakikada 1 tur atacak şekilde yapılmıştır. Yüzeylerde çizilme gözlemlendiği anda testler sonlandırılmıştır. Aşınma testi denemelerinin sonuçları Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

SiC dolgusu kullanılarak hazırlanan alt kat reçetesinde aşınma değeri 500 tur olarak sonuçlanmıştır. Alümina katkılı malzemelerin ağırlıkça oranı arttıkça aşınmaya karşı direncinde iyileşme gözlemlenmiştir. Yapışmaz malzemelerin üretimi sırasında 430°C pişirme sıcaklığında alümina bir tepkimeye girmezken yapıda bozunmadan kalarak aşınmaya direnç göstermiştir. CNT oranının arttıkça yapıya dâhil olan parçaların azaldığı ve yüzeyden koparak ters etki gösterdiği görülmüştür. Grafen karbon içerikli sert bir malzeme olup CNT gibi yapıya dâhil olamamıştır. Yapıdan uzaklaşan malzemeler aşınmaya karşı dayanımı azaltmıştır.

Alümina katkısının %3 oranında olduğu yüzeylerde aşınmaya karşı dirençin dört kat arttığı, CNT oranının artmasıyla aşınma direncinin azaldığı, grafenin ise aşınmaya karşı direnç göstermediği gözlemlenmiştir.

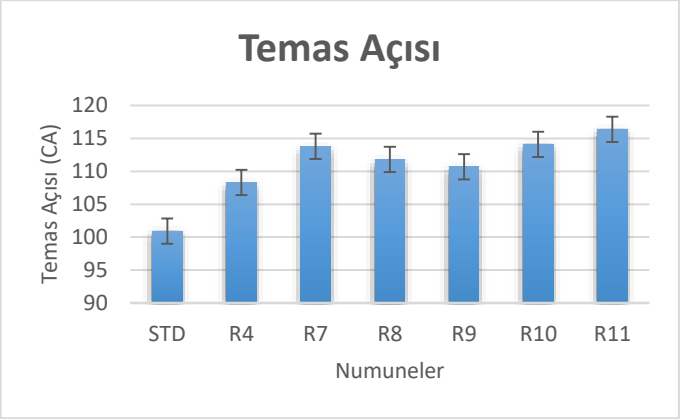
Şekil 3.3. Aşınma testi düzeneği



Şekil 3.4. Aşınma testi değerleri

3.4 Temas Açısı Ölçümleri (Islatma Açısı)

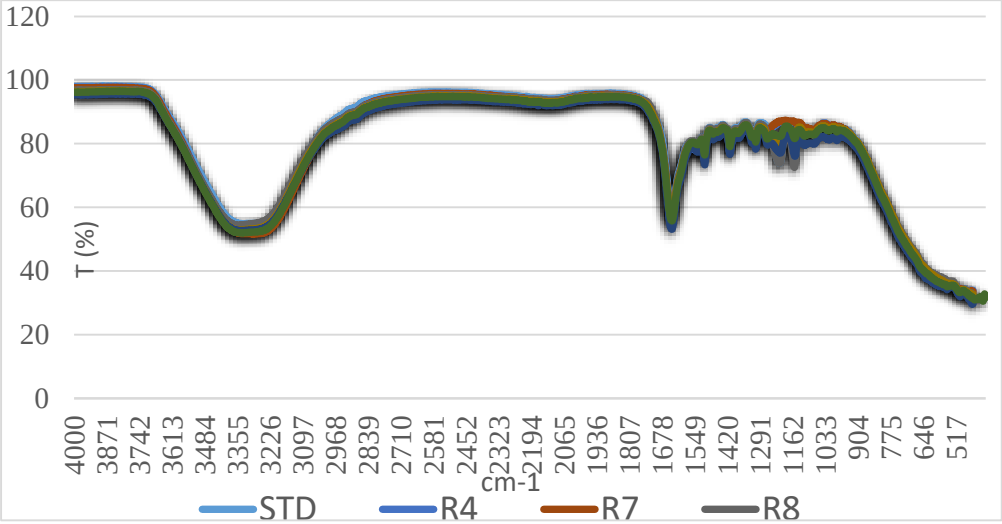
Temas Açısı, sıvının katı bir yüzeye damlatılmasıyla yüzey ile sıvı arasında oluşan açı (θ) olarak tanımlanır. Temas açısı ölçümlerinde damlatılan bir saf su yüzeyin hidrofobikliği hakkında bilgi verir (Duran, T. 2009). Wenzel vd. açıklamış olduğu yüzey pürüzlüğünde gözlemlenen artış, temas açılarında artışa sebep olduğu görülmüştür. Grafen katkılı malzemelerin temas açısı değerini 15,5 puan arttırdığı Şekil 3.5'te gösterilmiştir [3].



Şekil 3.5. Temas açısı değerleri

3.5. Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FTIR)

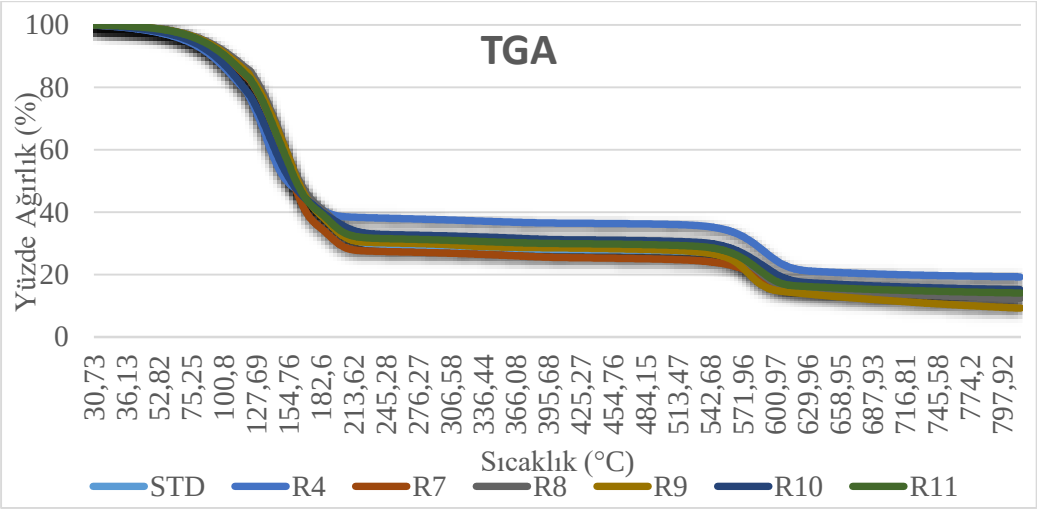
FTIR analizi ile reçetelerin kimyasal yapıları ve içerdiği fonksiyonel grupları incelenmiştir. Elde edilen FTIR spektrumları Şekil 3.6'de verilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda, dolgu malzemelerinin tane boyutundaki değişim kimyasal bağ yapılarında değişime sebep olmamıştır. Bütün denemelerde -OH, -CF ve -NH bağları olduğu tespit edilmiştir. Numuneler sıvı formda analiz edilmesinden dolayı –OH piki net bir şekilde gözlemlenmiştir. Damdhar ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre; –CF bağları yapıda bulunan PTFE'yi, -NH bağları ise yapıdaki Poliamid-İmid (PAI) varlığını gösterdiği belirtilir [4].



Şekil 3.6. FTIR sonuçları

3.6. Temal Gravimetrik Analiz (TGA)

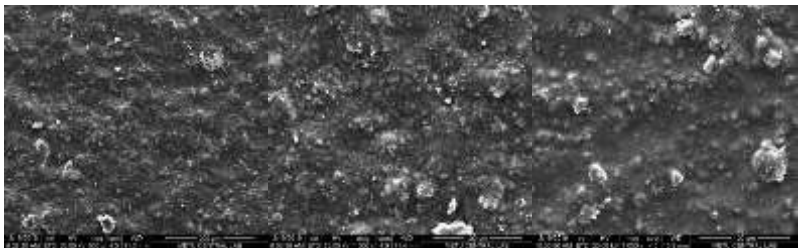
Teflon reçeteleri için yapılan TGA analizlerinin sonuçları Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Numuneler sıvı formda analiz edilmiş olup analizler sonucunda yapıda 2 basamaklı bir bozunma gözlenmiştir. 160°C'de gerçekleşen ilk bozunmanın yapıdan çözücünün uzaklaşması ve 580°C de gerçekleşen ikinci bozunmanın ise PTFE'nin bozunması ile meydana geldiği düşünülmektedir.



Şekil 3.7. TGA bozunma sıcaklığı sonuçları

3.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

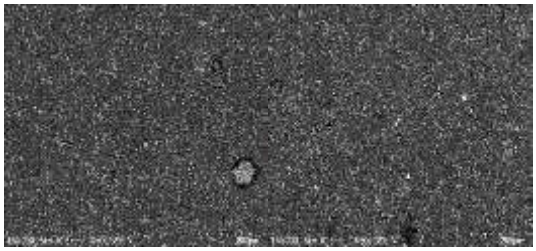
Tez çalışmaları kapsamında farklı dolgu malzemelerinin SEM görüntüleri incelenmiştir. Dolgu malzemesi olarak kullanılan alümina, SiC 1000 dolgulu yüzeye göre daha pürüzlü bir yapıya sahip olup, alümina miktarı azaldıkça pürüzlü yapının azaldığı görülmüştür (Şekil 3.8).



STD **R4** **R7**

Şekil 3.8. Alümina dolgu malzemeli yüzeylerin görüntüsü

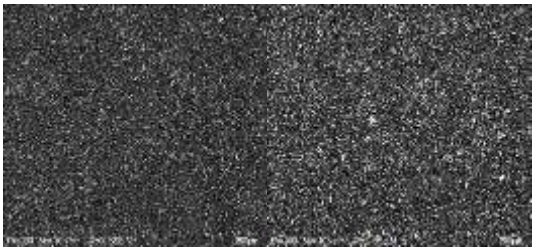
CNT takviyeli reçetelerin SEM görüntüleri Şekil 3.9'da gösterilmiştir. İncelenen CNT takviyeli yüzeylerde aglomerasyon gözlemlenmiştir. CNT miktarının artmasıyla yapıda gözlemlenen aglomerasyon azalmış olup yüzey pürüzlülüğü her iki reçetede görülmüştür.



R8 **R9**

Şekil 3.9. CNT dolgu malzemeli yüzeylerin görüntüsü

Grafenin dolgu malzemesi olarak kullanıldığı reçetelerin SEM görüntüleri Şekil 3.8 de gösterilmiştir. Grafen katkısının yüzeylerde çok sayıda ince taneli parçacıklar oluşturduğu gözlemlenmiş olup, grafen miktarındaki artış parçacıkların azalmasına sebep olmuştur.



R10 **R11**

Şekil 3.10. Grafen dolgu malzemeli yüzeylerin görüntüsü

4. TARTIŞMA

Çalışma kapsamında alt katmanda dolgu malzemesi olarak kullanılan SiC'e alternatif olarak alümina, CNT ve grafen kullanılmıştır. Yüzeye tutunmasının belirlendiği bant testi çalışmalarında bütün formülasyonlar uygun yapışma performansı göstermiştir. Yumurta testleri yorumlandığında ise alümina takviyeli malzemeler olumlu sonuçlar verirken, CNT ve grafen katkılarında yüzeye yapışmalar görülmüştür. Temas açısı değerleri incelendiğinde ise yüzey pürüzlülüğü arttıkça temas açısının arttığı gözlemlenmiştir. Alümina, CNT ve grafen takviyeleri yeni kimyasal bağ oluşturmamış olup FTIR sonuçlarıyla desteklenmiştir. TGA verileri incelendiğinde ise farklı bir bozunma sıcaklığı oluşmamış olup ilk bozunma sıcaklıklarında su ve çözücü malzemeler yapıdan ayrılırken, 500°C'den sonra PTFE bozunmaya başlamıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda aşınma direnci, alüminanın oluşturduğu sert yapı ile 4 kat iyileştirilmiştir. Yüzeylerde oluşan pürüzlü yapılar ise bütün denemelerde temas açısı değerini yükseltmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaların gerçekleşmesinde desteklerini esirgemeyen Gizem Seramik Frit ve Glazür San. Tic. A.Ş AR-GE Merkezi çalışanlarına yaptıkları katkıdan dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

[1] AKBULUT, U (2009) *Teflon Nasıl Keşfedildi? Mutfağımıza Nasıl Girdi?* 2009 tarihinde Ortadoğu Teknik Üniversitesi: http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2009/11/TEFLON-NASIL-KESFEDILDI.doc-15-Hqaziran.pdf adresinden alındı.

[2] AKINCI, A., AKBULUT, H., YILMAZ, F. (2017), *Floropolimer (TEFLON) kaplamaların yapı ve özellikleri,* Metalurji Dergisi, Sakarya Üni. http://metalurji.org.tr/dergi/dergi133/d133_5359.pdf

[3] Wenzel R. N. , Resistance of Solid Surfaces to Wetting by Water, Industrial & Engineering Chemistry, 28, 8, 988-994, 1936

[4] Damdhar V.S. , Pande K.N. , Peshwe D. R. , To Investigate The Wear Mechanism On Cryogenic Treatment Of PTFE-Mica Filled Composite Coatings In Cookware, Cross Mark, DOI: 10.1007/s12666-014-0491-7, 2015

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TALEP TAHMİNİ VE AYAKKABI SEKTÖRÜNE UYGULAMASI

Prof. Dr. Murat ATAN
Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Bölümü
Deniz Korkut
Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Fakültesi, Ekonometri Ana bilim Dalı, Yöneylem Araştırması Bilim Dalı

ÖZET

Günümüzde rekabet koşullarının arttığı ve giderek zorlaştığı dönemde işletmeler kendilerini geliştirebilmek ya da en azından mevcut durumlarını koruyabilmek adına attıkları her adımda kendileri için en doğru kararı vermek durumundadırlar. Bu nedenle kısa veya uzun vadeli planlarını kendilerine göre en doğru kararı vererek rakiplerinden önde olmak zorundalar. Bu doğrultuda planlamalarını yaparken çeşitli verilerden ve yöntemlerden yararlanarak kısa veya uzun vadede karşılaşacakları durumları önceden öngörmek aksiyon alabilmek için tahminde bulunmaktadırlar. Burada yapılan talep tahmini işletmenin gelecek yıllarda üreteceği ürünler için talep miktarını ölçmektedir. Günümüzde işletmeler için en önemli departmanlarından biri olan planlama departmanı birçok farklı yöntem kullanmaktadır. Bu talep tahmin yöntemlerinden biri de yapay sinir ağları yöntemidir. Yapay sinir ağları özellikle doğrusal olmayan verilerin çözümünde sıkça kullanılan ve gerçeğe en yakın sonuçları veren yöntemlerden birisidir. Bu çalışmada ayakkabı sektöründe hizmet veren bir işletmenin gelecekteki talep tahminini yapabilmek adına yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak talep tahmini yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Talep Tahmini, Yapay Sinir Ağları*

1. Giriş

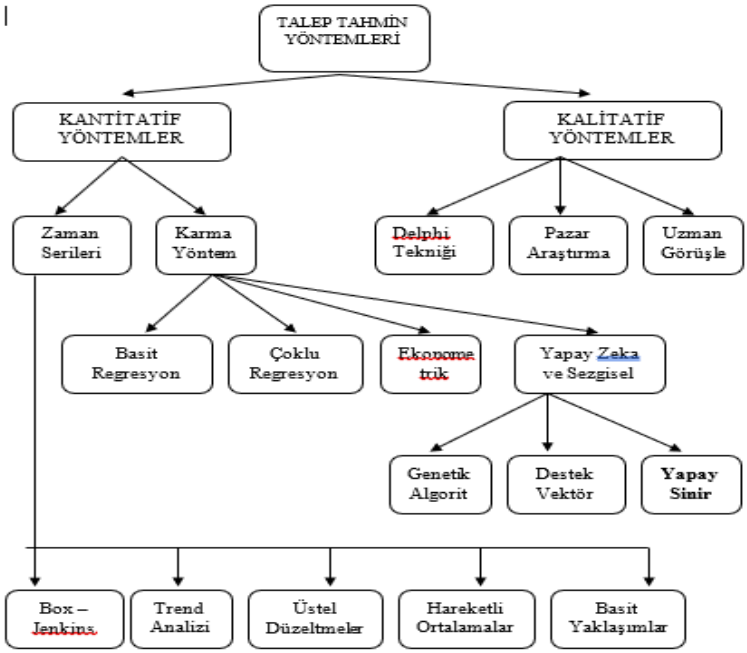
Günümüzde işletmeler hızlı bir şekilde artan ve tahmini zorlaşarak ilerleyen piyasa koşullarında sürdürülebilirliklerini devam ettirebilmeleri için karşılaştıkları ve karşılaşabilecekleri tüm sorunlara hızlı ve etkin bir çözüm yolu bulmak zorundadırlar. İşletmeleri bu konuda en çok zorlayan sorun ise piyasada meydana gelebilecek ani bir değişim karşısında nasıl bir yol izlemek gerektiğinin kararının verilmesidir. Bu konuda birçok işletme kendilerine yol gösterebilecek doğru kararlar vermek zorundadır. Bu sorunun çözümü olarak geliştirilen ve birçok araştırmada kullanılan talep tahmin yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Çeşitli tahmin yöntemleri içerisinde yapay sinir ağları yöntemi gerçekleşen değerlere en yakın sonuçları vermesinden dolayı birçok araştırmada kullanılış olup ve diğer tahmin yöntemleri ile karşılaştırmaları yapılarak tahmin performansının yüksek olduğu kanıtlanmaya çalışılmıştır.

2. Talep Tahmini

Tahmin kelimesinin akıl ve mantık ilkelerine dayanarak gelecekte karşılaşılma olasılığı muhtemel olayların önceden tahmin edilmesidir. Geleceğin bilinmemesi ve bunu tahmin etmeye çalışmak günümüz piyasasında önemli bir unsurdur. Tahmin, geçmiş verileri kullanarak gelecekte işletmenin karşılaşabileceği olası süreci göstermektedir. Tahmin aslında gerçek olayların basit bir kopyası olarak değerlendirilir. Bu nedenler işletme için önemli bir süreçtir. (Serttaş Z. 2011).

Talep tahmini, işletmelerin hizmet verdiği ürünleri yılın hangi dönemlerinde piyasaya sürmelerini ve üretilen ürünlerin ne kadarının ilk aşamada ne kadarının daha sonra üretilmesi gerektiği konusunda bilgi vererek işletmelerin kısa dönemli üretim ve dağıtım sürecini belirlemektedir. Yapılan tahminin her zaman kesin sonuçlar vermeyeceği her tahmin modelinde bir hata payının olma olasılığı akıllardan çıkarılmamalıdır.

Şekil 1: Talep Tahmin Yöntemleri



Bu çalışmada Türkiye'de ayakkabı sektöründe hizmet veren işletmeye ait Aksesuar grubuna ait Kadın Çanta satış rakamları dikkate yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilmiştir.

3. Yapay Sinir Ağları

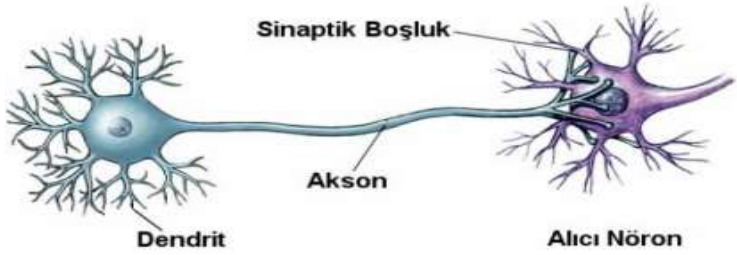
İnsanların Yapay sinir ağları, insan beyninin deneyimlerinden elde ettikleri bilgi birikimlerini işlemesinden yola çıkılarak aynı işlemlerin elektronik ortamda işlenebilir mi sorusunda verilen cevap doğrultusunda yapılan araştırmalar sonucunda oluşturulan bir yöntemdir. Bu yöntem ile tıpkı insan beyninin çalışma prensi gibi sistem kendisine tanıtılan verileri kendi içerisinde birbirleri ile bağlantılar kurarak araştırılan konu ile ilgili yeni bir sonuç elde edilir. (Efe ve Kaynak, 2000, s.17).

Yapay sinir ağlarının ana kaynağı geçmiş verilerden yararlanılarak gelecekte ortaya çıkması gereken sonuçlar hakkında tahmin yapabilmesidir.

Yapay sinir ağları tıpkı biyolojik sinir sisteminde var olan nöron, dentrit, akson… gibi elemanlardan oluşuyorsa yapay sinir ağlarının da bunlara karşılık gelen işlemci elemanı, toplama fonksiyonu, ağırlıklar gibi. elemanlardan oluşmaktadır. (Öztemel, 2006: 13).

Sinir hücresini oluşturan kısımlar şunlardır: Dentrit, akson ve hücre gövdesidir. Sinir hücresi, dentritlerin bağlantı yolları ile hücre gövdesine taşıma işlemi yapmaktadır. Daha sonrasında bu veriler kendi içerisinde değerlendirilerek aksonlar yardımıyla diğer sinir hücrelerine gönderilir (Efe ve Kaynak, 2000, s.17).

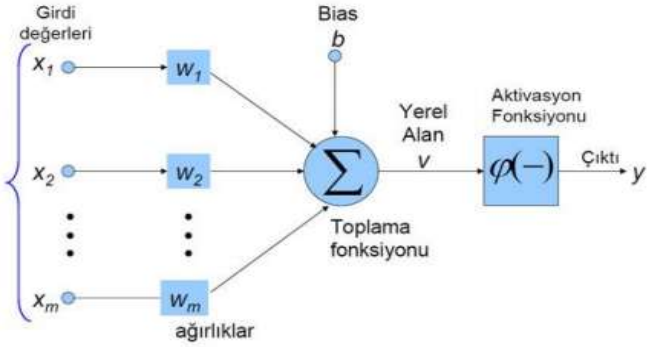
Aşağıdaki Şekil 2'de biyolojik Sinir hücresi gösterilmiştir.



Şekil 2: Biyolojik Sinir Hücresi

Aşağıda Yapay sinir ağlarının temelinde programa girişi yapılan verilerin çeşitli öğrenme yöntemleri ile beraber ve veriler arasında ilişki kurarak araştırmacıya tahmin sonuçları sunmaktadır.

Aşağıda yapay sinir hücresi Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3: Yapay Sinir Ağı Tasarımı

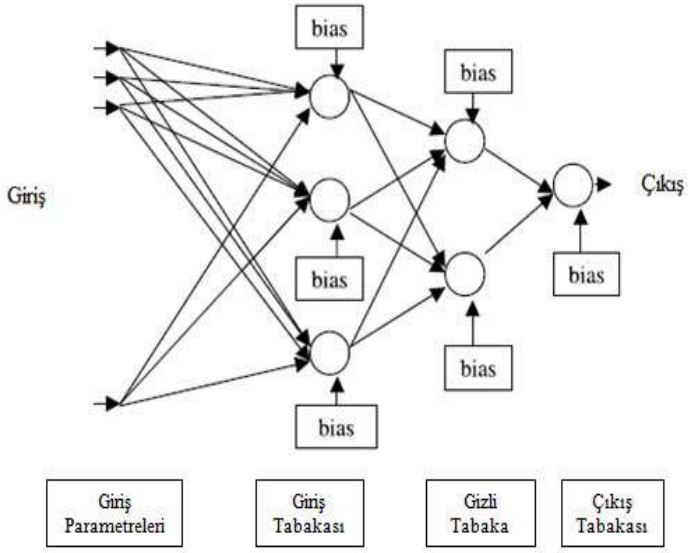
Biyolojik Sinir Hücresi	Yapay Sinir Hücresi
Nöron	İşlemci Elemanı
Dentrit	Toplama Fonksiyonu
Sinaps	Ağırlıklar
Hücre gövdesi	Transfer Fonksiyonu
Akson	Çıkış

Çizelge.1 Biyolojik Sinir Hücresi ile YSA Hücresinin Karşılaştırılması

Mimari yapılarına göre yapay sinir ağları iki gruba ayrılmaktadır. Burada iki farklı grupta incelenmesinin sebebi model çözülmeye çalışırken izledikleri yolun farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle her iki yapıda da sonuçlar birbirlerinden farklı olmaktadır.

Geri beslemeli ağ yapıları her iki yönde de yani giriş ve çıkışlara doğru hareket halinde olduğundan dolayı problem çözümünde süreci karmaşık hale getirmektedir. Geri besleme sayesinde yapay sinir ağlarında öğrenme becerisi artar hem de ağ sonuçları gerçeğe yakın olmaktadır. (Saygılı, 2008: 48).

Şekil 4: Geri Beslemeli Ağ Modeli



4. Uygulama

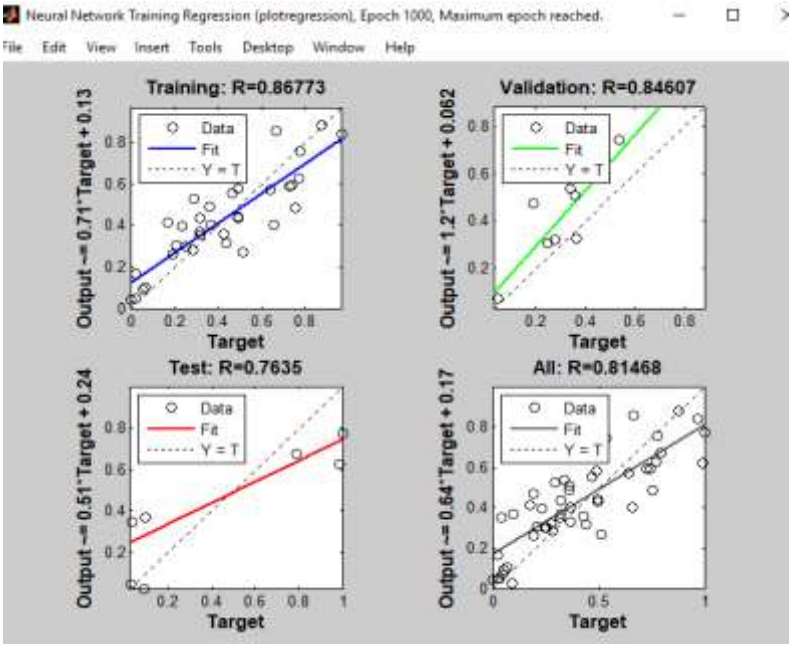
Bu çalışmada, yurt içinde ve yurt dışında hem ayakkabı hem de Aksesuar (Çanta, Valiz, Cüzdan gibi) sektöründe hizmet veren işletmeye ait satış rakamları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu yıllar arasında veriler aylık olarak incelenmiş ve toplam 72 adet veri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılacak bağımsız değişkenlerin belirlenebilmesi adına ilgili departmanların müdürleri ile görüşülerek karar verilmiştir. Verilen karar doğrultusunda Toplam stok adedi, Müşteri giriş sayısı, SKU Model sayısı, Ortalama Fiyat gibi 4 değişken modelin bağımsız değişkenlerinin olmasına karar verilmiştir. Çalışmada öncelikle tüm verilerimizin %80'i öğrenme %20 test verisi rassal olarak gruplandırılmıştır.

Çözüm için MATLAB (2013A.sürüm) paket programı kullanılmıştır. Veriler Matlab programına girilirken normalizasyona tabi tutulmuştur. Kurulan yapay sinir ağının eğitimi için öncelikle tahmin için en iyi momentum katsayısı, öğrenme katsayısı, nöron sayısı, katman sayısı gibi parametrelerin tahmini deneme yanılma yolu ile belirlenmiştir.

Yukarıdaki açıklama doğrultusunda aşağıdaki tabloda tablo da talep tahmini için en iyi sonuçları veren parametreler gösterilmektedir.

Parametre	Parametre Katsayı
Öğrenme katsayısı	0,7
Momentum katsayısı	0,7
Nöron Sayısı	14
Çevrim Sayısı	1000

Öncelikle talep tahminin yapacağımız tüm verileri Microsoft Excel'de tek sayfada birleştirmesi gerekmektedir. Toplam 72 verinin ne kadarının eğitim ve ne kadarının test verisi olarak kullanılması kararının verilmesinin ardından test edeceğimiz verileri aynı Microsoft Excel'de farklı bir sayfaya alınarak eğitim datası ve test datası şeklinde ayrı ayrı incelenmelidir. Verilerin 50 adedi eğitim girdi verisi ve 22 adedi eğitim test girdi verisi olarak "Import data" kısmından Matlab 2013a programına normalize edilen değerlerin girişleri yapılır. Matlab 2013a programına tanımlanan değerler Transpoze edilmesinin ardından program çalıştırılır. Verilerin transpoze edilirken aşağıdaki komutlar programa yazılmalıdır.

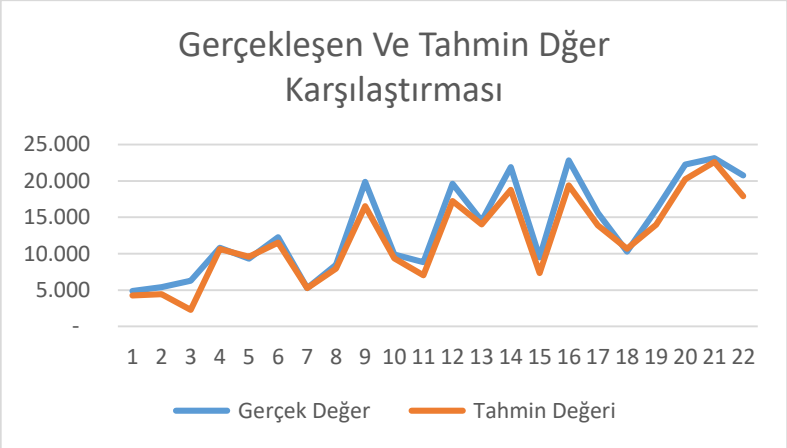


Şekil 3.1 Eğitim Sonrası Öğrenme, Doğrulma, Test Kümelerine İlişkin Regresyon Grafiği

Modelimizi tahmin ederken 72 verinin 50 verisi eğitim girdisi olarak kullanılmaktaydı. Geri kalan 22 adet veri için model tekrar çalıştırılarak test edilmiştir. Eğitim verisinde elde edilen % 86 performansa sahip olan verinin test sonuçları içinde başarılı olması beklenmektedir.

Takvim yılı / ay	Gerçek Değer	Gerçek Değer (Normalize)	Tahmin Değeri	Tahmin değeri (Normalize)
02.2013	4.879	0,03	4.263	0,04
04.2013	5.417	0,06	4.448	0,06
09.2013	6.295	0,08	2.262	0,09
12.2013	10.821	0,27	10.657	0,32
02.2014	9.302	0,21	9.595	0,27
03.2014	12.257	0,33	11.518	0,35
08.2014	5.250	0,04	5.266	0,09
09.2014	8.500	0,17	7.937	0,2
12.2014	19.904	0,65	16.557	0,57
03.2015	9.872	0,23	9.380	0,26
06.2015	8.840	0,19	7.042	0,25
06.2015	19.603	0,64	17.225	0,59
08.2015	14.526	0,43	14.035	0,46
03.2016	21.917	0,74	18.779	0,66
06.2016	9.481	0,22	7.328	0,18
07.2016	22.815	0,78	19.414	0,69
11.2016	15.635	0,47	13.880	0,45
01.2017	10.270	0,25	10.689	0,32
02.2017	16.039	0,49	13.990	0,46
09.2017	22.270	0,75	20.253	0,72
02.2018	23.154	0,79	22.630	0,82
09.2019	20.770	0,69	17.892	0,62

Tahmin işlemi yapıldıktan sonra gerçek veriler ile tahmini yapılan test verileri birbirleri ile karşılaştırılmalıdır.

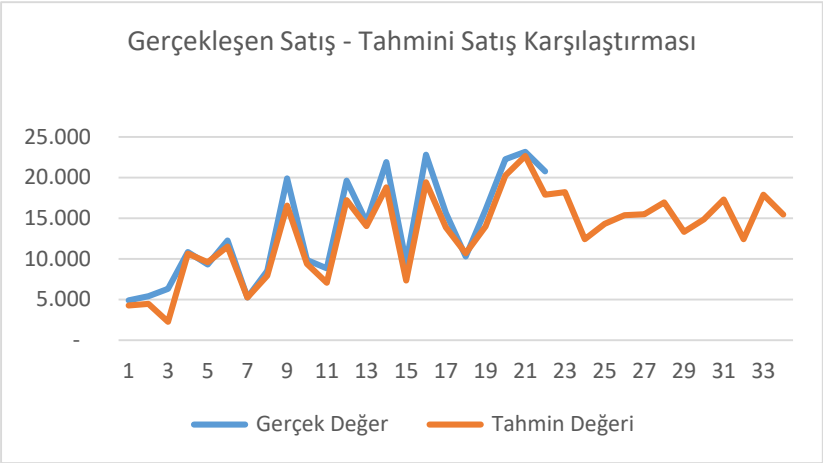


2013 - 2018 yılları arasından belirlediğimiz 50 eğitim verisi ve 22 test verisinin tahmin edilmesinin ardından bu verilerin tahmininde kullanılan parametreler kullanılarak 2019 yılına ait 12 aylık satış tahmini için ağ tekrar simüle edilecektir. Fakat 2019 yılına ait satışların tahmin edilebilmesi için öncelikle bağımsız değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu değişkenlerden Ortalama fiyat, SKU adedi Planlama departmanı tarafından 2018 yılında tahmini yapılan mağazalar için belirlenen SKU adedi talep edilmiştir. Aynı şekilde ortalama fiyatta bir yıl önce planlanan verilerden alınmıştır. Mağaza stok miktarı ise mağazaların kapasitelerinden yola çıkılarak hesaplanmıştır

Takvim yılı / ay	**Stok Miktarı**	**Ortalama fiyat**	**SKU Sayısı**	**Müşteri Sayısı**
01.2019	7.564	44	53	122173
02.2019	8.042	44	54	94072
03.2019	9.397	47	66	155761
04.2019	7.000	50	55	161480
05.2019	7.449	46	52	122132
06.2019	6.735	40	48	161478
07.2019	6.552	37	80	122203
08.2019	6.457	43	56	133366
09.2019	9.068	44	66	116412
10.2019	6.187	44	52	84885
11.2019	8.292	47	61	119778
12.2019	7.696	42	58	114855

2019 yılına ait 12 aylık veri için normalize edilen değerlerin tahmin edilmesinin ardından değerler gerçek tahmin değerlerine dönüştürülerek aşağıdaki tablodaki belirtilmiştir.

Takvim yılı / ay	Tahmin Değeri
01.2019	18201
02.2019	12413
03.2019	1300
04.2019	15349
05.2019	15495
06.2019	16924
07.2019	13331
08.2019	14843
09.2019	17301
10.2019	12412
11.2019	17875
12.2019	15426



5. Sonuç

Çalışmada ilk olarak çalışmanın girdi verisi olacak olan bağımsız değişkenler belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler belirlenirken şirket içinde ilgili departmanın müdürleri ile yapılan görüşmeden sonra belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler olan toplam stok adet, müşteri sayısı, SKU (model) sayısı, ortalama fiyat, rakip sayısı gibi veriler işletmeden alınmıştır.Çalışmada 2013 - 2018 yılları arasındaki 72 aylık verinin bağımsız değişkene ait değerler belirlenmesiyle birlikte ağın eğitim ve test aşamasına geçilmiştir. Ağın test ve eğitim aşamasındaki % (yüzde) dağılım şu şekildedir. 72 verinin % 70' i (50 adet veri) eğitim ve % 30'u (22 adet veri) test için kullanılmıştır. Tüm veriler normalize edilerek yani tüm veriler [0 – 1] aralığına çevrilerek ağ önce eğitildi ve eğitim sonucundaki tahmin değerleri gerçek değerler ile karşılaştırıldı. Gerekli parametreler belirlendikten sonra test aşamasına geçilerek ağa tanıtılmayan veriler için sonuç çıkarılması beklendi.

Yapılan bu çalışma Ayakkabı sektöründe hizmet veren ve sadece İstanbul'da bulunan ve örnek olarak seçilen 15 mazağa için yapılan bir çalışmadır. Çalışmada sadece Kadın Çanta kategori verileri kullanılarak tahmin çalışması yapılmıştır. Diğer kategoriler tahmin dışında tutulmuştur. Bu çalışmanın işletme için daha genel sonuçlar verebilmesi için tüm mağazaların verileri alınarak ve bu çalışmada bulunmayan farklı bağımsız değişkenler belirlenerek çalışmanın kapsamı genişletilebilir ve bu durumda daha genel bir çalışma yapılmış olunacaktır.

KAYNAKÇA

Efe Ö., Kaynak O. (2000) Yapay Sinir Ağları Ve Uygulamaları, İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınları.

Öztemel, Ercan Yapay Sinir Ağları, 2. Baskı, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2006, s.13.

Saygılı, İrfan (1991). Üretim Yönetiminin Fonksiyonları. İşletme Fakültesi Yayın No: 244, İstanbul: Küre Ajans.

Serttaş, Z. Türkiye' de Perakende Sektöründe Talebi Etkileyen Etmenler ve Yapay Sinir Ağlarıyla Talep Tahmini Uygulaması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2011.

FARKLI SEVİYELERDE BORLAMA YAPILMIŞ 11SMnPb30+C ALAŞIMININ ENAC-47000 ALAŞIMLI SIVI ALUMİNYUM İÇİNDE KOROZYON DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Ahmet Şener*

**Dokuz Eylül Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye*

E-mail: ahmet.sener@mail.com

Prof. Dr. Ali Bülent Önay**

***Dokuz Eylül Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye*

E-mail: bulent.onay@deu.edu.tr

Özet: Otomotiv endüstrisi başta olmak üzere farklı endüstriler için üretilen parçaların hafifliği ve korozyon dayanımı gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Aluminyum parçaların hafif, korozyon dayanımı yüksek ve farklı imalat yöntemleri ile üretilebilirliği nedeniyle üretimi gün geçtikçe artmaktadır. Bununla beraber sıvı aluminyumun korozif yapısı nedeniyle imalat sürecinde sıvı aluminyuma maruz kalan ekipmanların dayanımını azaltmaktadır. Bu çalışmada sıvı ENAC-47000 serisi alaşım kullanılan sıvı aluminyum banyosunda, yüzey işlemi yapılmamış ve farklı seviyelerde borlama yapılmış 11SMnPb30+C alaşımlı çeliğin korozyon ve davranışları incelenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde ağırlık değişimi belirlenerek malzemedeki korozyon davranışı gözlemlenmiş, optik mikroskop ve sertlik analizi ile elde edilen sonuçlar literatür bilgileri ışığında değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: borlama, sıvı aluminum, korozyon, yüksek sıcaklık korozyonu

GİRİŞ

Aluminyum alaşımlarının çelik alaşımlarına göre özkütlece %66 daha hafif, özellikle magnezyum içeren alaşımlarında ise korozyon dayanımının daha yüksek olması (Davis, 2001) nedeniyle başta otomotiv endüstrisi olmak üzere tüm endüstrilerde kullanımı artmıştır.

Aluminyum kullanımı 1950-2009 arası Amerika Birleşik Devletleri'nde 9 kat (Chen & Graedel, 2012), İtalya'da 40 kat (Ciacci, ve diğerleri, 2012), Çin'de ise sadece 1990-2009 arası 45 kat (Chen & Shi, 2012) artmıştır.

Aluminyum kulllanımındaki bu artış beraberinde sıvı aluminyumun bekletilmesi, taşınması ve kalıba dökülmesi gibi üretim aşamalarını getirmektedir. Sıvı aluminyum ve alaşımları ise neredeyse tüm metal ve metal oksitlere karşı yüksek kimyasal aktiviteleri nedeniyle en agresif sıvı metallerden biridir (Zhou, Li, Shu, Sun, & Wang, 2003).Her yıl çeliğin %2'si sıvı metal kaynaklı korozyona uğramakta ve milyarlarca dolar kayba sebep olmaktadır (Zhou, Li, Shu, Sun, & Wang, 2003).

Sıvı aluminyumun üretimde her geçen gün daha fazla kullanılması ve doğası gereği yarattığı zorluklar sıvı aluminyuma dayanımı yüksek malzeme, kaplama ve yüzey işlemi gibi gereksinimleri yaratmıştır. Bu nedenle bu çalışmada 11SMnPb30+C alaşımlı otomat çeliği farklı seviyelerde borlama yapılarak sıvı aluminyum içindeki korozyon davranışı incelenmiştir, borlama süresinin korozyon dayanımına etkisi araştırılmıştır.

ARAŞTIRMA

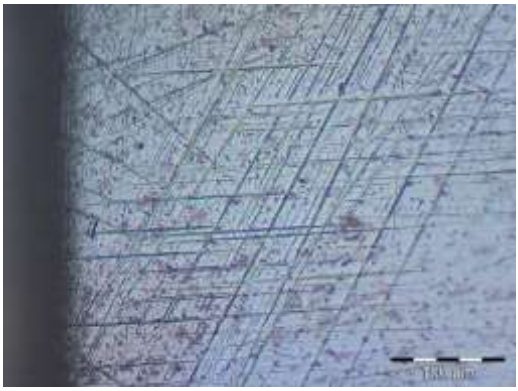
Çelik alaşımlarının sıvı aluminyumun içindeki korozyon mekanizmasını anlamak ve korozyon dayanımını arttırmak için nitrokarbürleme (Chen, ve diğerleri, 2018) ve borlama (Lou, Akselsen, Onsøien, Solberg, & Berget, 2005) üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan özellikle D.C. Lou ve arkadaşlarının 2005 yılında yaptığı çalışmada borlama ile sıvı aluminyum içindeki çelik alaşımlarının dayanımı arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

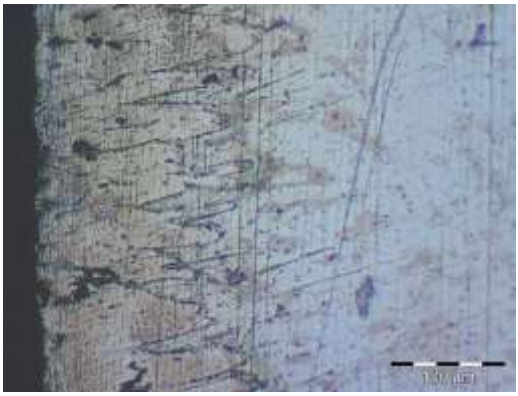
Borlamanın sıvı aluminyum içindeki korozyon davranışını incelemek için kolaylıkla bulunabilen ve pim üretiminde kullanılan 11SMnPb30+C alaşımlı otomat çeliği kullanılmıştır. Numuneler 18 mm çapında 70mm uzunluğunda silindirik şekilde kesilmiştir. Etil alkol ile temizlenerek borlamaya hazır hale getirilmiştir. Borlama yapmak için Ekabor-II (90% SiC, 5% B4C and 5% KBF) tozu kullanılmıştır. Numuneler 3 ve 6 saat 1000°C'de borlanmıştır. Çıkan numuneler kesilerek optik mikroskopta incelenmiştir. 3 ve 6 saat sonunda borlama derinliği sırasıyla 190 ve 250 mikron olarak bulunmuştur.

Tablo 1: Kullanılan 11SMnPb30+C alaşımlı çeliğin kimyasal kompozisyonu

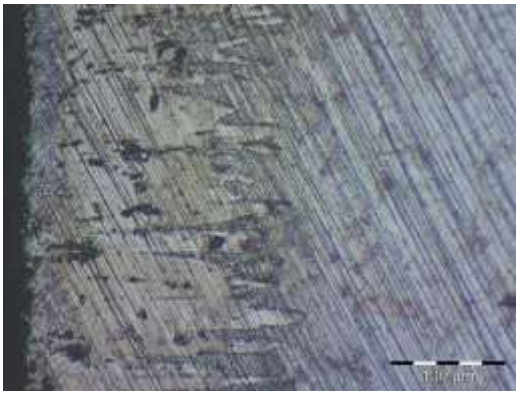
C	Si	Mn	P	S	Pb
0,070%	0,011%	1,150%	0,072%	0,321%	0,291%



Resim 1. Borlama İşlemi Yapılmamış Numune



Resim 2. 3 Saat Borlama Yapılmış Numune



Resim 3. 6 Saat Borlama Yapılmış Numune

Aluminyuma daldırma için ise yüksek basınçlı dökümde yüksek Si içeriği nedeniyle çokça kullanılan sıvı ENAC-47000 alaşımı tercih edilmiştir. Sıvı aluminyum içinde 1 saat tutulan numuneler çıkartıldıktan sonra %10'luk NaOH çözeltisi içinde 8 saat bekletilerek yüzeylerinde kalan fazla aluminyum kimyasal olarak temizlenmiştir.

Tablo 2: Kullanılan ENAC-47000 alaşımının kimyasal kompozisyonu

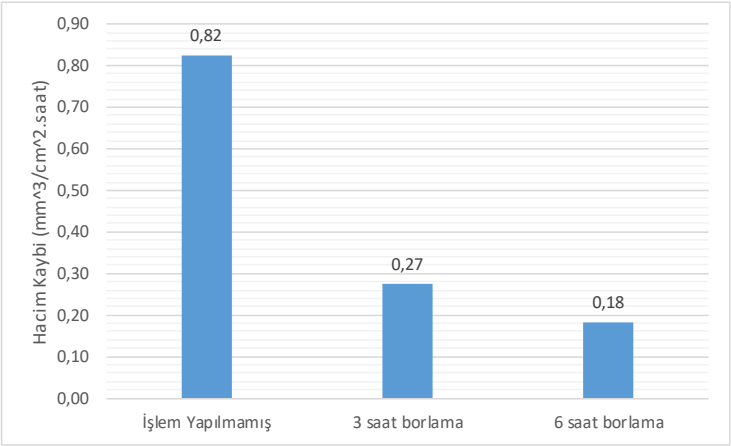
Si	**Fe**	**Cu**	**Mn**	**Mg**	**Cr**	**Ni**	**Zn**	**Pb**	**Sn**	**Ti**
12%	0,70%	0,90%	0,30%	0,35%	0,10%	0,30%	0,55%	0,20%	0,10%	0,15%

Resim 4. Deney Düzeneği Kesiti

Temizlenen numuneler öncelikle hassas terazide tartılmış ardından dairesel kesitler alınarak kesilmiş, zımpara ve parlatma sonrası %2 seyreltik Nital çözeltisinde 7 saniye dağlanmıştır.

DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

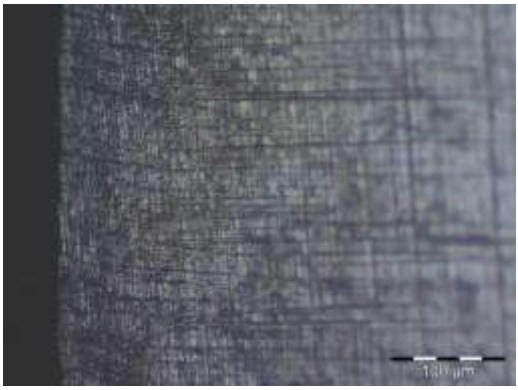
Numunelerin hassas terazideki ağırlık farkı ölçümleri mm^3/cm^2.saat cinsinden hesaplanmıştır ve sonuçlar Grafik 1'deki gibi bulunmuştur. Borlama yapılmamış numunedeki kütle kaybı 0,82 mm^3/cm^2.saat iken 3 ve 6 saat borlama yapılan numunelerde bu durum sırasıyla 0,27 ve 0,18 mm^3/cm^2.saat olarak ölçülmüştür. Buna göre borlama süresi arttıkça sıvı aluminyuma karşı korozyon dayanımı artmaktadır.



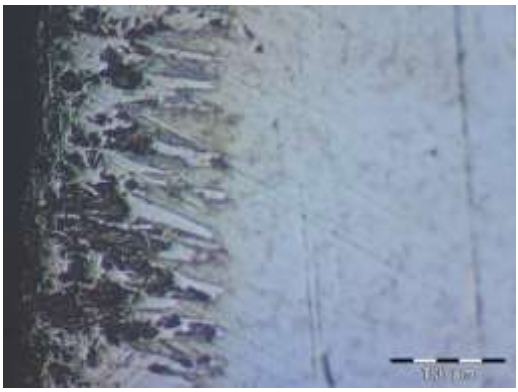
Grafik 1: Borlama seviyelerine göre numunelerin birim yüzeyden kütle kaybı

Bu bulgular 2005 yılında D.C. Lou ve arkadaşlarının yaptığı çalışmayı destekler niteliktedir. Sözkonusu çalışmada 22Cr – 5 Ni Duplex paslanmaz çelik ve H13 takım çeliği 1025°C'de 5 saat, dökme demir ise 850°C'de 5 saat süreyle borlanmıştır. Sıvı aluminyum içinde saatlik hacim kayıpları ise sırası ile 20, 3 ve 16 kat iyileştirilmiştir.

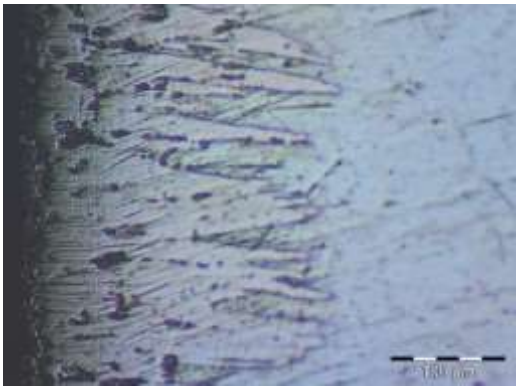
Kesiti alınan numunelerin optik mikroskopta yapılan incelemelerinden elde edilen görüntüler Resim 5-7'deki gibidir. Borlama seviyesi arttıkça yüzeyde daha dayanıklı bir FeB_2 tabakası oluşmakta ve korozyon dayanımını arttırmaktadır.



Resim 5. Borlama yapılmadan sıvı aluminyuma daldırılmış numune

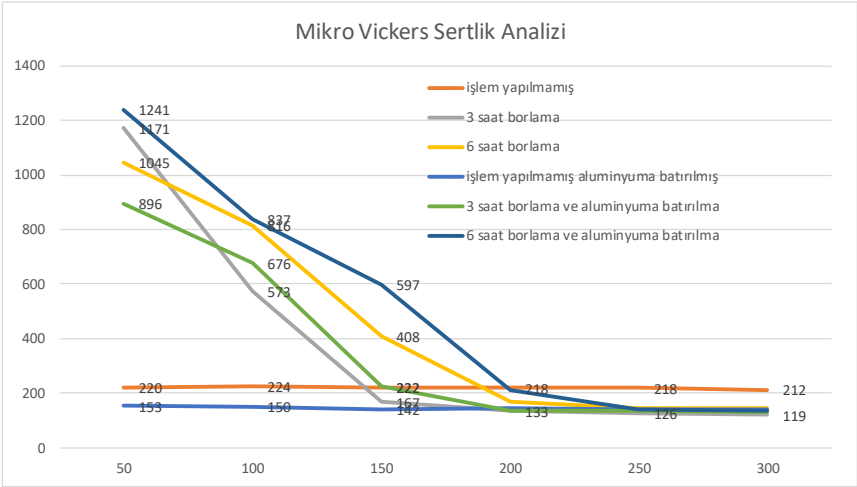


Resim 6. 3 saat borlama yapılarak sıvı aluminyuma batırılmış numune



Resim 7. 6 saat borlama yapılarak sıvı aluminyuma batırılmış numune

Sertlik testleri kesit alınmış numuneye dıştan içe doğru 50 mikron aralıklarla mikro vickers (Shimadzu HMV-2 E (334-04109-22)) testi ile yapılmıştır. Borlama sonrası numunelerde beklendiği gibi sertlikte 6 kata kadar bir artış gözlemlenmiştir. Borlama derinliği geçildikten sonra sertlik, işlem yapılmamış numuneye benzer şekilde 200 mikrovickers olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları 2 numaralı grafikte detaylıca görülebilir.



Grafik 2. Dıştan içe doğru kesit sertlik analizi

SONUÇLAR

Gerçekleştirilen çalışma neticesinde borlama süresinin sıvı aluminyum içindeki çeliğin korozyon direncine pozitif etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan deney sonuçlarında bulunan değerler literatür çalışmaları ile uyum sağlamaktadır. Buna göre vasıfsız çeliklerin sıvı aluminyum içindeki korozyon direncini arttırmak için borlama yapılmasının ucuz ve etkili bir alternatif olduğu doğrulanmıştır.

KAYNAKLAR

Chen, G., Wang, J., Fan, H., Li, Q., Wang, D., & Dong, H. (2018). Combat molten aluminum corrosion of AISI H13 steel by lowtemperature liquid nitrocarburizing. *Journal of Alloys and Compounds*, 702-711.

Chen, W., & Shi, L. (2012). Analysis of aluminum stocks and flows in mainland China from 1950 to 2009: Exploring the dynamics driving the rapid increase in China's aluminum production. *Resources, Conservation and Recycling*, 18-28.

Chen, W.-Q., & Graedel, T. (2012). Dynamic analysis of aluminum stocks and flows in the United States: 1900–2009. *Ecological Economics*, 92-102.

Ciacci, L., Chen, W., Passarini, F., Eckelman, M., Vassura, I., & Morselli, L. (2012). Historical evolution of anthropogenic aluminum stocks and flows in Italy. *Resources, Conservation and Recycling*, 1-8.

Davis, J. (2001). Aluminum and Aluminum Alloys. J. Davis içinde, *Alloying: Understanding the Basics* (s. 351-416). ASM International.

Lou, D., Akselsen, O., Onsøien, M., Solberg, J., & Berget, J. (2005). Surface modification of steel and cast iron to improve corrosion. *Surface Coatings and Technology*, 5282-5288.

Zhongdi, Y., Minghui, C., Chen, K., Xie, D., Zhu, S., & Wang, F. (2019). Corrosion of enamel with and without CaF2 in molten aluminum at 750 °C. *Corrosion Science*, 228-236.

Zhou, M., Li, K., Shu, D., Sun, B., & Wang, J. (2003). Corrosion resistance properties of enamels with high B2O3−P2O5 content to molten aluminum. *Materials Science and Engineering*, 116-121.

The Effect of Milling Time on the Coating Thickness of Silver Coated Copper Particles

Onur Güler*
Karadeniz Technical University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Trabzon, Turkey
**Corresponding Author, E-mail: onurguler@ktu.edu.tr*
Temel Varol
Karadeniz Technical University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Trabzon, Turkey
E-mail: tvarol@ktu.edu.tr
Ümit Alver
Karadeniz Technical University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Trabzon, Turkey
E-mail: ualver@ktu.edu.tr
Aykut Çanakçı
Karadeniz Technical University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Trabzon, Turkey
E-mail: aykut@ktu.edu.tr
M. Ali Çabuk
Karadeniz Technical University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Trabzon, Turkey
E-mail: mehmetcbk61@gmail.com

Abstract: Noble metals such as gold and silver have superior oxidation and conductivity features. Yet, these metals have disadvantages because they are so expensive metals. The copper has good conductivity, but its oxidation resistance is worse than the oxidation resistance of gold and silver. Electroless silver plating on the copper particles is the important process to improve both the oxidation resistance and to keep the conductivity at a good level. In this study, the electroless silver plating on the copper particles was investigated by varying milling times. For this aim, unmilled and milled copper powders for 30 and 60 min were used in the electroless silver coating process. The plating process was carried out at the 60 ^{o}C, the pH of 11 and the stirring speed of 600 rpm to obtain uniform silver coating on the copper powders during the plating process. Finally, a stereo microscope was used for examining of the coated powder characteristics and the coating layer (thickness). Results show that milling time has important effects on the coating thickness and surface morphology of silver coated copper particles with increasing the silver coating layer thickness from about 5 μm to 7 μm.

Keywords: Electroless silver, copper powders, ball milling, milling time

Introduction

Nowadays, silver and silver alloys are frequently used today due to their electrical conductivity and high resistance to oxidation. The electrical conductivity of the materials used in electrical contact is low resistance to abrasion resistance and welding; it weakens the contact of the materials during electrical contact. Therefore, this phenomenon causes the arc and the material is subjected to erosion wear (Rigou et al., 2012; Wang et al., 1996; Xu et al., 2012). Different methods have been suggested, for instance, graphitic and polymeric coatings to protect the copper nanoparticles from oxidation. Yet, these coating materials hinder inter-particle contact and so lower conductivity. Therefore, the coating materials must be removed in a subsequent sintering step. Finally, high curing temperature is usually required to get rid of these coating materials. Limits the application of low-cost polymer substrates. Additionally, the formation of porosity on printed patterns resulting from decomposition of the coating materials during curing process also decreases the conductivity of the patterns printed. Alternatively, the coating materials can be made of a noble metal such as silver resulting in a bimetallic nanoparticle with core-shell structure. Silver has both highest electrical conductivities also oxide layer of that shows conductivity (Luechinger et al., 2008; Ang et al., 2004; Perelaer et al., 2008; Chaudhuri et al., 2012). For copper powder with coarse grains, the silver content after coating is relatively high. Therefore, the resistivity of silver coated copper powders

decreases with the increase of the grain size of copper powder (flake copper powders) and the minimum resistivity of silver coated copper powders (Zhu et al., 2012; Zhang et al, 2012). Fine silver powders are used especially in electronic materials made of precious metals. The flake powder morphology imparts more specific surface area to the silver powder than spherical powder morphology. And so, the contact area of the powder particles increases, and the contact becomes easier. Powders with a flake structure in this way provide lower electrical resistance and higher electrical conductivity. Therefore, conductive metal powders such as copper silver with flake morphology have an important application area. Grinding milling can be applied to the flake morphology.

Material and Method

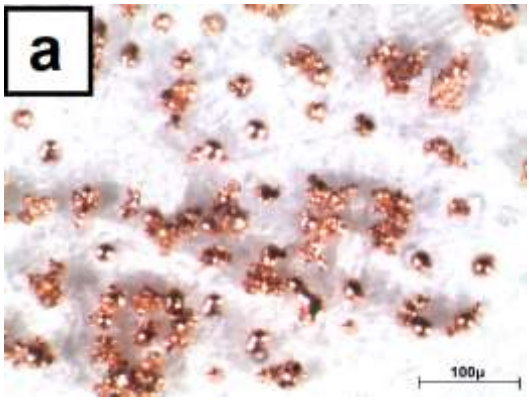
The copper powders (spherical, 65 μm) which is used as substrate material for the coating were supplied by Alfa Aesar Company, Karlsruhe, Germany. Ammonium hydroxide (NH_4OH), sodium potassium tartrate ($C_4H_4O_6KNa.4H_2O$), silver nitrate ($AgNO_3$), HCl (hyrdocloric acid) and ethanol were procured by Tekkim Chemical, Bursa, Turkey. Firstly, the substrate copper powders were milled in a mechanical milling machine. As a process control agent (PCA), 0.25 wt. % of methanol (Merck) was used to minimize the agglomeration, excessive cold welding of ZA27 powders and sticking of powders on the wall of the vial. The mechanical milling process was performed in a planetary ball-mill (Retsch PM 100) under argon atmosphere to avoid oxidation during milling process. Ball milling was carried out with a rotation speed of 300 rpm and 5:1 was selected as ball-powder mass ratio for 30 and 60 min. The milling balls with a diameter of 10 mm and vials (125 ml) were made from tungsten carbide. To investigate the effect of mechanical milling time on the electroless silver coating on the copper powders, the unmilled copper powders were used as substrate material. After the milling process, firstly, the copper powders were put into the solution consisting of the HCl to clean the oxide layer on the copper powders. After that, in a different beaker, the solution including the silver. For this, $AgNO_3$ were mixed into the distilled water and NH_4OH were added into the silver solution dropwise. When the value of the pH reach to 11, the chelating agent of $C_4H_4O_6KNa.4H_2O$ was added into that solution including the silver. After 5 min, the cleaned copper powders were put into the silver solution. After the electroless coating of the copper powders, the powders were washed with ethanol several times and dried under vacuum in a stove. Morphologies of the powders including unmilled and milled copper powders for different durations and silver coated copper powders were investigated in a stereo microscope. a powders size measurement machine (Malvern 2000, Mastersizer) was used to determine the average size of the powders before and after the electroless silver coating process. The mechanical milling and electroless coating process parameters were given in Table 1.

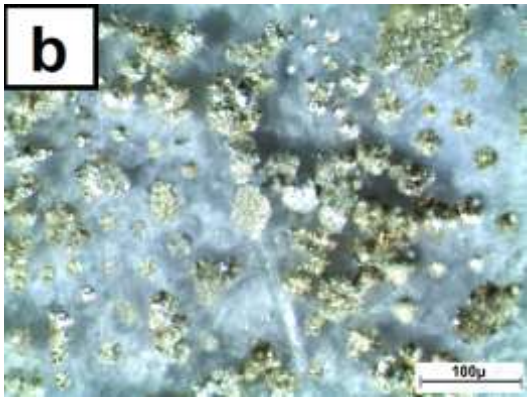
Table 1. Electroless coating parameters

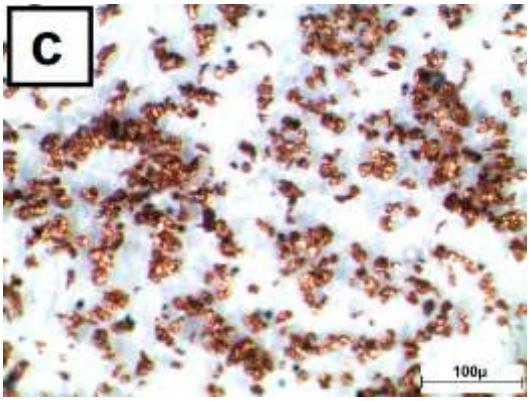
Molar ratio ($AgNO_3$:$C_4H_4O_6KNa.4H_2O$)	1:1
HCl:Ethanol	1:1
pH	11
Mixing speed	600 rpm
Electroless coating duration	30 min

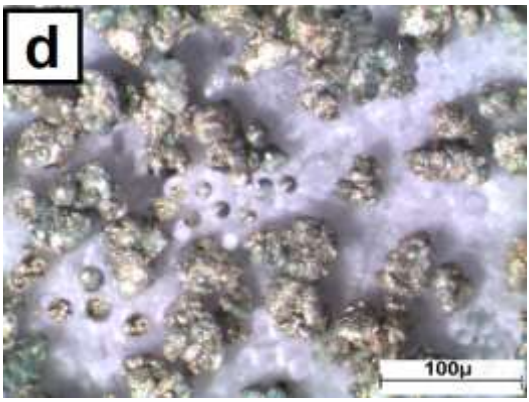
Results and discussion

Fig. 1 shows the morphology of the substrate copper powders consisting of the unmilled and milled for 30 and 60 min and silver coated unmilled and milled copper powders for 30 and 60 min. As can be seen in that figure, the powder morphology of the copper powders was changed from mostly spherical to flake and regular. Besides, the powders size raised a little after the milling process for 30 min because of cold welding during the milling while for 60 min, it decreased because of the cracking of cold-welded copper powders. In this context, the size of the unmilled and milled copper powders for 30 and 60 min can be seen in Fig. 2. the size of unmilled copper powders about 64 μm while after the coating process, it changed to about 69 μm. It means the average coating thickness was approximately 5 μm. With the milling of the copper powders for 30 and 60 min, the size of copper powders increased to 68 μm because of cold-welding during the milling while that of copper powders decreased to 61 μm after the milling for 60 min. Besides, after the milling for 30 min, the silver coating thickness was about 6 μm because the average size of the powders reached to 74 μm while the size of the silver coated powders were about 84 μm for milled copper powders for 60 min however their size was 77 μm before the coating process because of the cracking of the flake copper powders. that also meant the size of coating thickness increased to about 7 μm when the copper powders were milled for 60 min before the coating process.




b
100µ


c
100µ


d
100µ

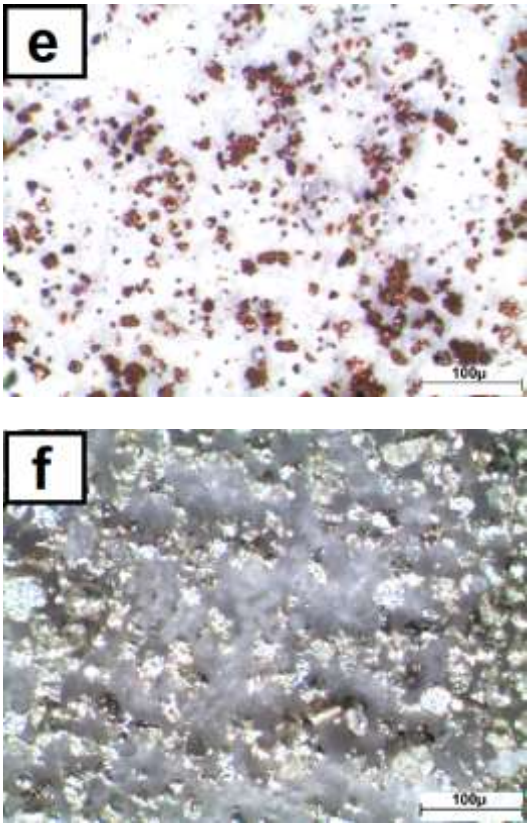
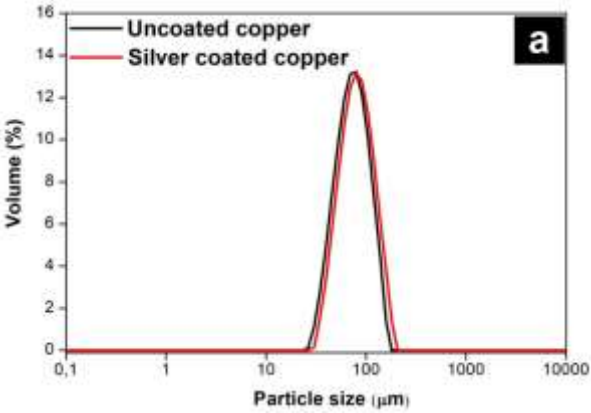


Figure 1. The morphology of the unmilled (a) and milled copper powders for (c) 30 min, (e) 60 min with the silver coated copper powders produced after (b) unmilled and milled copper powders for (d) 30 min, (e) 60 min.



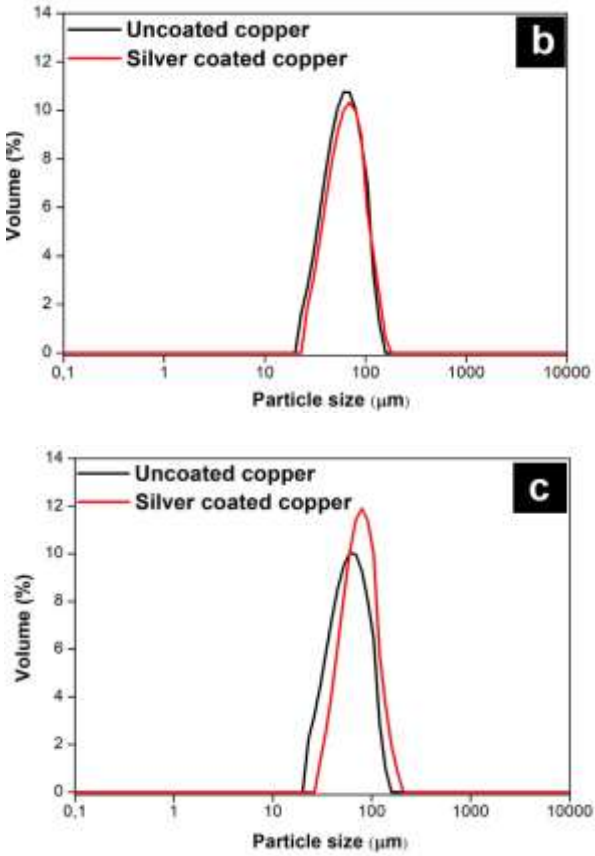


Figure 2. The variation of the powder size after the silver coating process for (a) unmilled and milled copper powders for (b) 30 min and (c) 60 min.

Conclusion

The electroless silver coating process were applied onto the copper powders. The milling process were effective on the coating thickness on the copper powders. The silver coating thickness was about 5 and 6 μm on the unmilled and milled copper powders for 30 min, respectively while that was about 7 μm on the milled copper powders for 60 min.

Acknowledgement

This study was supported by Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) with the project numbered 218M208. The authors would like to thank TÜBİTAK for its financial support.

References

Rigou V.I, Marginean G, Frunzaverde D, Campian C.V (2012) Silver based composite coatings with improved sliding wear behavior, *Wear*, 290–291, 61-65.

Wang B.J, Saka N (1996) Spark erosion behavior of silver-based particulate composites, *Wear*, 195, 133-147.

Xu C, Yi D, Wu C, Liu H, Li W (2012) Microstructures and properties of silver-based contact material fabricated by hot extrusion of internal oxidized Ag–Sn–Sb alloy powders, *Mater. Sci. Eng. A*, 538, 202-209.

Luechinger N.A, Athanassiou E.K, Stark W.J (2008) Graphene stabilized copper nanoparticles as an air-stable substitute for silver and gold in low-cost ink-jet printable electronics, *Nanotechnology*, 19, 445201-445206. Ang T.P, Wee T.S.A, Chin W.S (2004) Three-dimensional self-assembled monolayer (3D SAM) of n-alkanethiols on copper nanoclusters. *J. Phys. Chem. B*, 108, 11001-11010.

Perelaer J, De Laat A.W.M, Hendriks C.E, Schubert U.S. (2008) Inkjet-printed silver tracks: low temperature curing and thermal stability investigation. J. Mater. Chem., 18, 3209-3215.

Chaudhuri R.G, Paria S (2012) Core/shell nanoparticles: Classes, properties, synthesis Mechanisms, characterization, and applications. *Chem. Rev.*, 112, 2373- 2433.

Zhu X, Dong M, Xu X (2012) Preparation of Flake Silver Coated over Copper Powder, *Adv. Mater. Res.*, 412, 251-254.

Zhang L, Guoyou G.G, Yan J, Du J, Zhang J, Yi J, Wu Q, Zheng Y (2012) Preparing Flake Silver Powder by High-Energy Ball Milling, *Adv. Mater. Res.*, 412, 243-246.

The Investigation of the Mechanical and Physical Properties of Silver Coated Copper fabricated by electroless coating

Onur Güler*
**Karadeniz Technical University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Trabzon, Turkey*
E-mail: onurguler@ktu.edu.tr
Temel Varol**
***Karadeniz Technical University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Trabzon, Turkey*
E-mail: tvarol@ktu.edu.tr
Ümit Alver***
****Karadeniz Technical University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Trabzon, Turkey*
E-mail: ualver@ktu.edu.tr
Aykut Çanakçı****
*****Karadeniz Technical University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Trabzon, Turkey*
E-mail: aykut@ktu.edu.tr
M. Ali Çabuk*****
******Karadeniz Technical University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Trabzon, Turkey*
E-mail: mehmetcbk61@gmail.com

Abstract: The present study presents mechanical and physical properties of copper-based heat Sink Materials manufactured from silver coated copper powders. Firstly, the copper powders were plated with silver in an aqueous system including copper powders, silver nitrate and chelating agent to reduce silver nuclei on the copper powders. The plating process was carried out at the 60 ºC, the pH of 11 and the stirring speed of 600 rpm to obtain uniform silver coating on the copper powders during the plating process. The silver coated copper powders dried under vacuum at 60 ºC. Silver coated copper powders pressed in a mold warm pressed under 500 MPa. Results show that electrical conductivity of copper-based heat sink materials increases with silver coating. As a result of this study, it can be found that copper-based electrical contact materials are a promising material and an alternative to pure copper and copper based composite materials in electrical contact materials. With silver coating layer on copper powders, the hardness of bulk samples containing 21%wt. silver was increased from 83 to 90 HBN.

Keywords: Electroless silver plating, electrical conductivity, copper materials, powder metallurgy

Introduction

High thermal conductivity is needed for heat sinks and heat spreaders. Because the electrical and thermal conductivity of the copper is higher than aluminum, the use of copper plays a big role for thermal and electronic applications (Schubert et al.,2009). Although copper and silver are materials that exhibit very good electrical conductivity, since silver is much more expensive and the oxidation resistance of the copper metal is very low, the using these two metals on their own in areas where electrical conductivity is important is a disadvantage. Because of this undesirable situation, it is possible to apply silver plating on copper powders as a method to keep the electrical conductivity at a high level by using both copper and silver together, and also to use less amount of silver and to prevent the oxidation of copper. What is important here is that the nano-sized silver metal can be homogeneously reduced on the copper powders and the high yield is obtained in a short time. The electrolytic coating process is a long time consuming and less efficient process than the electroless coating process. For this reason, the electroless coating is more suitable for industrial applications (Xi et al, 2003; Hayashi, 1993; Kologe et al., 2017; Keuler et al., 1999). This study represents the electroless coating of silver on the copper powders and the effect of the silver coating were investigated on the mechanical and physical properties of the silver coated copper bulk materials.

Material and Method

Spherical copper powders with an average diameter of 65 μm were procured from Alfa Aesar Company, Karlsruhe, Germany. Ammonium hydroxide (NH_4OH), sodium potassium tartrate ($C_4H_4O_6KNa.4H_2O$), silver nitrate ($AgNO_3$), HCl and ethanol were purchased by Tekkim Chemical Industry, Bursa, Turkey. For the preparation of the copper powders before the coating, the copper powders were distributed into an aqueous solution prepared with 50 %vol. HCl and 50 %vol. ethanol to remove oxide layer on the copper powders. All of the aqueous solutions were made up with distilled water. After the pretreatment, the sodium potassium tartrate salt was added into suspending solution of copper powder. An aqueous coating solution (0.025 M) composing with silver nitrate ($AgNO_3$) and ammonium hydroxide (NH_4OH) was then added dropwise until the pH value of the solution come to 11 and kept stirring for 600 rpm at 60 ^oC for 230 min. When the silver replacing reaction terminated, the silver-coated powders were separated and washed several times using ethanol. Finally, separated silver coated copper powders were dried at 50 ^oC in a vacuum oven for 5 h. The powder sizes of the substrate copper and silver coated copper powders were determined with using a powder size measurement machine (Malvern 2000, Mastersizer). After that, the silver coated copper powders were heated to 500 ^oC in a mold and then pressed under a pressure of 500 MPa to produce bulk materials. The densities were measured with Archimedes method. A scanning electron microscopy were used to investigate the microstructure of the samples. The hardness values of the samples were obtained with using Brinell hardness method.

Results and discussion

The powder sizes of the copper and silver coated powders and in addition, density, porosity and hardness values of the bulk samples produced with sintering and pressing with substrate copper and silver coated copper powders were given Table 1.

Table 1. The density, porosity and hardness values of the samples

Sample	Powder size (μm)	Hardness (HBN)	Experimental density (g/cm^3)	Porosity (%)	Silver content (%wt.)
Copper	64,1	83	8,62	3,2	0
Silver coated copper	70,2	90	9,05	2	21

As given in Table 1. the size of the copper powders increased from 64.1 to 70.2 μm because of the silver coating on the initial copper powders. This phenomenon showed that the coating thickness were obtained as about 5 μm. It was seen that the hardness value of the bulk samples produced with pressing of the copper and silver coated copper powders increased from 83 to 90 because of the higher hardness value of silver distribution on the grain boundaries of composite bulk material when the compared with that of copper. Because the silver possesses higher density value, the bulk samples manufactured with silver coated copper powders showed higher density. The porosity ratio of the samples was quite low because of the sinter ability of the copper and silver coated copper powders. The amount of silver content was determined by weighing the pre-and post-coating weight of the copper powders prepared for the coating. Accordingly, the silver content of the materials obtained by pressing the silver-coated copper powders is determined as 21% by weight.

Fig. 1. shows the mapping of the fracture surface of the bulk samples produced with pressing of the substrate copper powders and silver coated copper powders. As can be understood, only copper surface remarked on the fracture surface of the copper bulk material. On the other hand, this phenomenon shows the existing of the silver on the fracture surface of the material produced from silver coated copper because each copper grain surrounded with silver nuclei. However, just a few small copper regions can be seen on the fracture surface. This investigation was done to improve to keep the integrity of silver coating region on the copper grains.

Fig. 2. indicates the microstructure of the samples produced from uncoated copper and silver coated copper powders. It was clearly seen that copper powders were surrounded with silver layers around the copper grains.

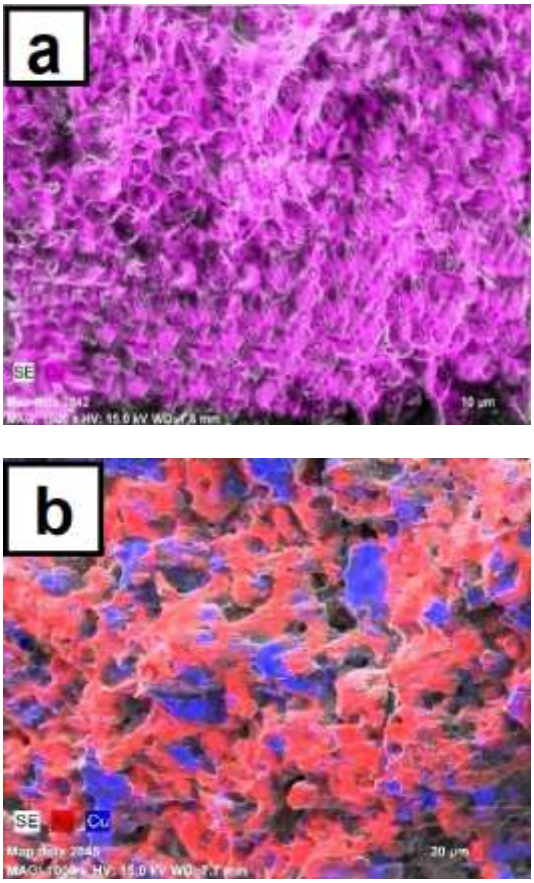
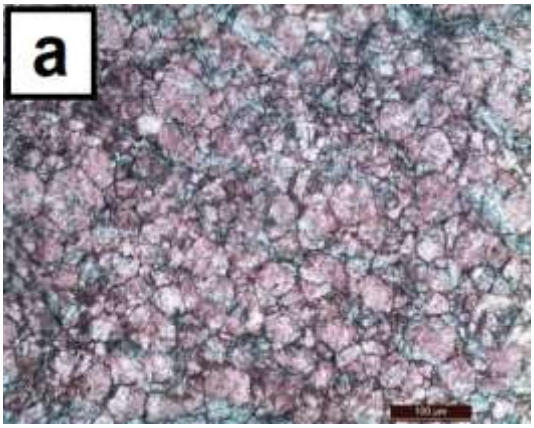


Figure 1. The mapping of the fracture surface of the samples; (a) copper grains, (b) silver coated copper grains



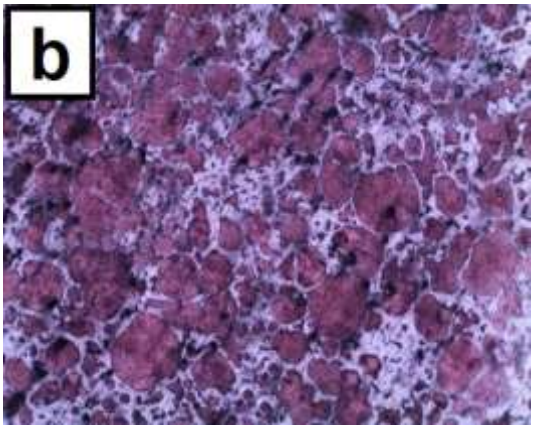


Figure 2. The microstructure of the samples; pressed and sintered (a) copper powders, (b) silver coated copper powders

Conclusion

According to obtained results in this study, silver coated copper powders with chemical process were produced successfully. The silver content was 21 %wt. after the coating process in the structure of the pressed and sintered samples and the thickness of the silver coating was approximately 5 µm.

Acknowledgement

Thanks to the project, which is supported by the project number 218M208, the authors would like to thank Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) for supporting.

References

Schubert T, Trindade B, Weißgarber T, Kieback B (2008). Interfacial design of Cu-based composites prepared by powder metallurgy for heat sink applications, *Mat. Sci. Eng. A: Struct*, 475, 39–44.

Xu X, Luo X, Zhuang H, Li W, Zhang B (2003) Electroless silver coating on fine copper powder and its effects on oxidation resistance, *Mater. Lett.*, 57, 3987–3991.

Hayashi T. (1993). *US Patent No. 5178909A.* Retrieved from https://patents.google.com/patent/US5178909A/en

Kologe J, Jin L, Long E, Konefal A, Yan W. (2017). *US Patent No. 2017/0051411A1*. Retrieved from https://patents.google.com/patent/US20170051411A1/en?q=electroless&q=silver&before=priority:20190101&after=priority:20100101

Keuler J.N, Lorenzen L, Sanderson R.D, Prozesky V, Przybylowicz W.J (1999) Characterization of electroless plated palladium–silver alloy membranes, *Thin Solid Films*, 347, 91–98.