



multicongress

II. Uluslararası
Multidisipliner Çalışmaları Kongresi
4-5 Mayıs 2018, Adana-Türkiye

*2nd International
Congress on Multidisciplinary Studies
4th-5th May 2018, Adana-Turkey*

Bildiri Tam Metin Kitabı

Proceeding Book

Mühendislik ve Fen Bilimleri

Engineering & Sciences

Editör / Editor

Prof. Dr. Şemsi YAZICI

Dr. Öğrt. Üyesi Kemal KÖSEOĞLU



AKADEMİSYEN
KÜLTÜRÜ

Editör / Editor • Prof. Dr. Münir YILDIRIM
Kapak Tasarım / Cover Design • Emre Uysal
Kitap Tasarım / Book Design • M. Fatih SANSAR

Birinci Basım / First Edition • © Ekim 2018 // October 2018-ANKARA

ISBN: 978-605-258-107-0

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Akademisyen Kitabevi'ne aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla
çoğaltılamaz

Yayıncı / Publisher • Akademisyen Kitabevi

Akademisyen Kitabevi Adres /Address:

Halk sokak No: 5/A Yenışehir / Ankara

Tel : +90 (312) 431 16 33

GSM : +90 (533) 765 23 74

web: www.akademisyen.com

e-mail: info@akademisyen.com



AKADEMİSYEN
KİTABEVİ

İÇİNDEKİLER/ CONTENTS

| | |
|--|------|
| ÖN SÖZ..... | XI |
| KURULLAR..... | XII |
| DÜZENLEYEN KURUM /ORGANIZING INSTITUTION..... | XII |
| DESTEK VEREN KURUMLAR / SPONSORS | XII |
| DÜZENLEME KURULU BAŞKANI / CHAIR OF ORGANIZING COMMITTEE | XII |
| DÜZENLEME KURULU / ORGANIZING COMMITTEE..... | XII |
| BİLİM VE HAKEM KURULU / SCIENCE AND REFEREE BOARD | XIII |
| SEKRETERYA..... | XVII |
| DYNAMIC MODELING AND CONTROL OF RESEARCH BASED QUADROTOR..... | 1 |
| OPTIMAL TUNNING OF PID CONTROLLER FOR FORWARD FLIGHT OF RESEARCH BASED QUADROTOR..... | 18 |
| EFFECT OF BLOWER LOCATION AND RADIUS ON LATERAL FLIGHT CONTROL SYSTEM OF UAVs..... | 39 |
| HAVA ARAÇLARINDA SCADA KONTROLLÜ STALL UYARI SİSTEMİNİN TASARIMI..... | 55 |
| BUĞDAYDAN BULGURA..... | 63 |
| THE IMPORTANCE OF FRACTURE MECHANICS IN GEOTECHNICAL ENGINEERING | 69 |
| BÖRÜLCE İŞLEME..... | 85 |
| TEKSTİL İŞLETMELERİ KARAR PROBLEMLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE ÇÖZÜMÜ | 89 |
| UÇAKLARIN EXTERNAL POWER UNİTESİNİN SCADA İLE ENTEGRASYONU | 105 |
| ÇİNKO CEVHERLEŞMESİNİN MADENCİLİK FAALİYETLERİ SIRASINDA OLUŞABİLECEK ASİT KAYA/MADEN DRENAJINA AİT KESTİRİMLER (ADANA)..... | 111 |
| HAVA KALİTESİ MODELLEME ÇALIŞMASINA BİR ÖRNEK: II A GRUBU TAŞ OCAĞI GÜLNAR/MERSİN BÖLGESİ | 123 |

| | |
|--|-----|
| ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİM (ORC) İLE ÇALIŞAN TEK KADEMELİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA ÇEVİRİMİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ..... | 134 |
| JURA DÖNEMİ DENİZLERİNİN HAKİMLERİ AMMONİTLER VE DENİZ LALELERİNE AİT FOSİL ÖRNEKLERİ TAŞOVA (AMASYA)-NİKSAR (TOKAT)..... | 144 |
| TAŞOVA (AMASYA) YÖRESİNİN MESOZOYİK STRATİGRAFİSİ VE AMMONİT FAUNASI..... | 156 |
| NANOAKIŞAN KULLANIMININ ISI TRANSFERİNİ ARTIRMAYA OLAN ETKİLERİ..... | 175 |
| ISI EŞANJÖRLERİNDE KULLANILAN NANOAKIŞKANLARIN ISIL PERFORMANS ETKİSİNİN İNCELENMESİ..... | 187 |
| TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASININ FARKLI SOĞUTUCU AKIŞKANLARDA TERMODİNAMİK ANALİZİ | 199 |
| ISI POMPALI VE ISI BORULU GÜNEŞ KOLEKTÖRLÜ İKİ AYRI SİSTEMİN ORTAK KULLANILDIĞI BİR KURUTMA SİSTEMİNİN TASARIMI..... | 211 |
| İMALAT SEKTÖRÜNDE ESNEK ÜRETİM UYGULAMASINA BİR ÖRNEK VE ALTERNATİF UYGULAMANIN KLASİK İMALAT MODELİNE GÖRE AVANTAJLARI | 221 |
| KARBON NANOTÜP VE CAM ELYAF TAKVİYELİ YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN HİBRİT KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ | 237 |
| AĞIR TAŞITLARDA ÇARPMA ENERJİSİ SÖNÜMLEYİCİ ARKA KORUYUCU TAMPON TASARIMI | 253 |
| RÜZGÂR TÜRBİNİ KALDIRMA APARATI OPTİMİZASYONU, TASARIMI VE SONLU ELEMANLAR ANALİZİ | 265 |
| INVESTIGATION OF BEHAVIOR OF METAL OXIDES DURATION MELTING IN GLASS PRODUCTION | 271 |
| PV PANELİNİN ALTINA SERBEST OLARAK YERLEŞTİRİLEN SİYAH EMİCİ PLAKANIN TERMAL KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ | 289 |

| | |
|---|-----|
| 100CR6 RULMAN ÇELİĞİNİN TORNALANMASINDA MİNERAL ESASLI MİNİMUM YAĞLAMA MİKTARI İLE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN OPTİMİZASYONU | 300 |
| İŞLENMESİ ZOR MALZEMELERİN FREZELENMESİNDE NANO YAĞLAMANIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ | 308 |
| KARBON NANOTÜP TAKVİYELİ YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ..... | 316 |
| YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK RAHİM AĞZI KANSERİNİN TEŞHİSİ VE SINIFLANDIRILMASI..... | 330 |
| SÜRDÜRÜLEBİLİR KENT ULAŞIMINDA BİSİKLET KULLANIMI: NİĞDE KENT ÖRNEĞİ..... | 340 |
| İNŞAAT SEKTÖRÜNDE İSTİHDAM EDİLEN KADIN ÇALIŞANLARIN SORUNLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA | 349 |
| BİYO KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ | 359 |
| SÜRÜ HALİNDE HAREKET EDEN İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ AERODİNAMİK ÖZELLİKLERİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ..... | 369 |
| COMPARISON WITH THE CURRENT SITUATION OF PRE-DETERMINED CRITICAL POINTS FOR TRAFFIC ACCIDENTS IN KONYA | 378 |
| KOLEMANİT VE ÜLEKSİT KONSANTRATÖR ATIKLARIYLA DÜŞÜK SICAKLIKTA SİYAH RENKLİ BOYAR MADDE ELDESİ | 388 |
| SU KANALLARINDA ELEKTRİK ÜRETİMİ..... | 404 |
| DÖRT YÖNLÜ ORTALAMA SÜZGEÇTE MASKE BOYUTUNUN ETKİSİ..... | 414 |
| EFFECT OF PHASE-CHANGİNG MATERIALS ON ENERGY SAVING IN BUILDINGS | 422 |
| RENK DUYARLILIĞINA SAHİP ELİSA TESTİ OKUYUCU CİHAZI GELİŞTİRMEK | 437 |
| RENK DUYARLILIĞINA SAHİP ELİSA TESTİ OKUYUCU CİHAZI GELİŞTİRMEK | 447 |
| YAKITLARLA ÇALIŞMADA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ..... | 457 |

| | |
|---|-----|
| ORGANİK DENİM KUMAŞLAR..... | 464 |
| İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARI-TEKSTİL SEKTÖRÜ ÖRNEĞİ | 479 |
| ORTAÖĞRETİM EĞİTİM KURUMUNDAKİ ÇALIŞANLARIN ORTAM GÜRÜLTÜSÜ MARUZİYETİNİN İNCELENMESİ..... | 485 |
| PEYNİRALTI SUYU TOZU KULLANIMININ KEFİR YOĞURDUNUN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ..... | 493 |
| SOME QUALITY PROPERTIES OF KURUT PRODUCED IN BOLU | 514 |
| INVESTIGATION OF WING CONNECTIONS OF VTOL UAV..... | 526 |
| ELEKTROPNÖMATİK AĞIZLIK AÇMA MEKANİZMASINDA POTANSİYOMETRE DEVRESİ İLE SİLİNDİR PİSTON HAREKETİNİN TESPİT EDİLMESİ | 542 |
| FİLTRE SEÇİM TABANLI KÖPRÜ DOĞRULTUCU DEVRELERİNDE HARMONİK KAYNAKLI ETKİLERİN İNCELENMESİ | 552 |
| ELEKTRİK SİSTEMLERİNDE MAKSİMUM GÜÇ AKTARIMI KULLANILARAK GERİLİM KARARLILIK İNDEKSİNİN TESPİTİ | 564 |
| CONTRACEPTIVE METHOD CHOICE BY DATA MINING AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK APPROACHES..... | 580 |
| POLİÜRETAN TABAN ATIĞI AGREGALI BETONLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ..... | 588 |
| ESTIMATION OF THE ICING THAT MAY OCCUR DURING FLIGHT IN AIRPLANES..... | 606 |
| ROLL CONTROL OF AIRCRAFT USING OPTIMIZATION ALGORITHMS AND LQR METHOD | 614 |
| THE EFFECT OF PLACING VORTEX GENERATORS ON THE SELF-STARTING PERFORMANCE OF DARRIEUS TYPE VERTICAL AXIS WIND TURBINE..... | 626 |
| DENİM KUMAŞLARDA FARKLI YIKAMA UYGULAMALARININ RENK DEĞERLENDİRMESİ..... | 637 |

| | |
|--|-----|
| İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN BİR ORTAÖĞRETİM EĞİTİM KURUMUNDAKİ AYDINLATMA KOŞULLARININ İNCELENMESİ | 646 |
| SAĞLIK HİZMETLERİNDE İŞ KAZALARI VE KORUNMA ÖNLEMLERİ..... | 656 |
| SU KANALLARINDA ELEKTRİK ÜRETİMİ..... | 663 |
| İŞ EKİPMANLARINDA GÜVENLİ ÇALIŞMA: FORKLIFT ÖRNEĞİ | 673 |
| DOĞA TEMELLİ ALGORİTMİK TASARIM YAKLAŞIMI: BİYOMİMESİS YOLUYLA KONSEPT BİR ÖRTÜ TASARIMI..... | 679 |
| METAKAOLİN KATKILI BETONLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI | 695 |
| TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN MERMER KESİCİ TAKIMLARIN AŞINMA ÖZELLİKLERİ | 701 |
| KOLEMANİT İLAVESİNİN ALÜMİNYUM SİLİSYUM ALAŞIMI KAYMALI YATAK MALZEMESİNİN TERMAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ | 711 |
| DOLGU ALTINDA GEOSENTETİKLERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ TAŞ KOLONLAR İLE İYİLEŞTİRİLEN YUMUŞAK KİL ZEMİNLERİN | 719 |
| BTPCA MOLEKÜLÜNÜN DFT METODU KULLANILARAK YAPILAN TEORİK HESAPLAMALARI | 729 |
| 1,2-(TETRAZOL-1-YL)ETAN ÜZERİNE TEORİK BİR ÇALIŞMA | 748 |
| VIRIAL TEOREMİNE GÖRE EŞ EKSENLİ ALTERNATİF KÜRESEL EVRENLER MODELİ ÜZERİNE | 766 |
| METAL NANOPARTİKÜL SENTEZİNDEKİ SON GELİŞMELER. | 773 |
| GRAFENİN YENİ NESİL İYONİK SIVILAR İLE MODİFİKASYONU | 786 |
| FENİLİMİNO-4-METOKSİSALİSİLALDEHİT'İN METAL KOMPLEKSLERİNİN SENTEZİ | 794 |
| MICROWAVE ACTIVATED DESULFURIZATION OF TURKISH COALS AND LIGNITES, ŞIRNAK ASPHALTITE – MODIFIED AGGLO - PNEUMATIC FLOTATION..... | 803 |

| | |
|---|-----|
| WASHING OF TURKISH LIGNITE SLIME AND ŞIRNAK ASPHALTITE BY MICRO SELLECTIVE COAGULATION IN MODIFIED CENTRIFUGE SETTLING SEPERATOR..... | 817 |
| GİDALARDA MSG (MONOSODYUMGLUTAMAT) KULLANIMI | 829 |
| BİTKİSEL SÜTLER..... | 839 |
| SURİYELİ DÜZENSİZ GÖÇMENLERİN DENİZDE MEYDANA GELEN YASADIŞI GÖÇ EYLEMLERİNİN İNCELENMESİ..... | 858 |

ÖN SÖZ

Multidisipliner alanlarda yapılan çalışmalar, 21. yüzyılda dünya çapında ilgi gören ve desteklenen çalışmaların başında gelmektedir. Bu bağlamda dünyada birçok üniversitede multidisipliner programlar açılmıştır. Bunun doğal bir sonucu olarak, dünyanın önde gelen ülkelerinde multidisipliner konular üzerine çalışan bilim insanı sayısı her geçen gün artmaktadır. Multidisipliner alanlardaki çalışmalar dünya çapında hız kazanırken Türkiye’de de Yüksek Öğretim Kurumu tarafından multidisipliner programlar desteklenmeye başlanmıştır. Bununla birlikte, multidisipliner alanda Türkiye’de yapılan çalışmalar halen yeterli düzeyde değildir.

4-5 Mayıs 2018 tarihlerinde Adana’da gerçekleştirdiğimiz "II. Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi " ile farklı disiplinlerde çalışan bilim insanlarını bir araya getirerek, yeni bir bakış açısı ortaya çıkarmayı, disiplinler arasında bilgi etkileşimini sağlamayı ve multidisipliner çalışmalara bilim dünyasının dikkatini çekmeyi amaçladık. Bu amaç doğrultusunda; sempozyuma sunulan bildiriler kitaplaştırılarak bilim dünyasının hizmetine sunulmuştur. Sempozyuma katı veren kurumlara, kitabın ortaya çıkmasına katkı sağlayan meslektaşlarımıza teşekkürü borç biliriz.

KURULLAR**DÜZENLEYEN KURUM / ORGANIZING INSTITUTION**

Çukurova Üniversitesi

DESTEK VEREN KURUMLAR / SPONSORS

Adana Büyükşehir Belediyesi

Hasan Kalyoncu Üniversitesi

Çağ Üniversitesi

Seyhan Belediyesi

SOBIAD

ASOS

Çukurova Araştırmaları Dergisi

ASOS Journal

Çukurova Üniversitesi Türkoloji Araştırmaları Dergisi

Çukurova Üniversitesi Türkoloji Araştırmaları Merkezi

ASOS Yayınları

Akademik İletişim

DÜZENLEME KURULU BAŞKANI / CHAIR OF ORGANIZING COMMITTEE

Doç. Dr. Haşim AKÇA, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

DÜZENLEME KURULU / ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. Hilmi DEMİRKAYA, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye,

Prof. Dr. Ellie ABDİ, Montclair State Üniversitesi, ABD

Prof. Dr. Tomasz NIZNIKOWSKI, Józef Piłsudski Üniversitesi, Polonya

Doç. Dr. Meriç ERASLAN, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Reza BEHDARİ, East Tehran Branch İslamic Azad Üniversitesi, İran

Öğr. Gör. M. Fatih SANSAR, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

BİLİM VE HAKEM KURULU / SCIENCE AND REFEREE BOARD

Prof. Dr. Ahmet DOĞANAY, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Alparslan DAYANGAÇ, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Cemal SAKALLI, Mersin Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Dana BABAU, (Medicine and Pharmacy of Targu Mures Üniversitesi, Romanya

Prof. Dr. Deniz ABİK, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Dušan MITIĆ, Belgrade Üniversitesi, Sırbistan

Prof. Dr. Emel ORAL, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Esat ARSLAN, Çağ Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. F. Duygu SABAN ÖKESLİ, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Feda Rehimov Hannanoğlu, Bakü Devlet Üniversitesi, Azerbaycan

Prof. Dr. Fikret DÜLGER, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Gencay ZAVOTÇU, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Haluk BODUR, Gazi Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Himmet KARADAL, Aksaray Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. İbrahim ÖRNEK, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi İrem TÖRE, Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Kutluk Kağan SÜMER, İstanbul Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Mehmet ÇELİK, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Murat DURUKAN, Mersin Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Muzaffer SÜMBÜL, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Münir YILDIRIM, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Orhan BAŞ, Ordu Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Orhan DOĞAN, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye

- Prof. Dr. Pelin YILDIZ, Hacettepe Üniversitesi, Türkiye
- Prof. Dr. Ramazan BİLGİN, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
- Prof. Dr. Roger ENOKA, Colorado Üniversitesi, ABD
- Prof. Dr. Süleyman DÖNMEZ, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
- Prof. Dr. Şener BÜYÜKÖZTÜRK, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Türkiye
- Prof. Dr. Turgay BİÇER, Marmara Üniversitesi, Türkiye
- Prof. Dr. Tülin ARSEVEN, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
- Prof. Dr. Yahya Fatih AYZAZ, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Ahmet İNCE, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Ahmet TEKE, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Aysel ÇİMEN, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Bülent ELİTOK, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Deniz ZEREN, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Erdem ÇANAK, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Evşen NAZİK, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Fatma Ebru İkiz, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Fürüzan ASLAN, İnönü Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Hülya YÜCEER, Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. İbrahim GİRİTLİOĞLU, Gaziantep Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. İlter Ünlükaptan, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. İsmail ŞIK, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Mehmet Kasım ÖZGEN, Erciyes Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Mustafa Fedai ÇAVUŞ, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Mustafa ÜNVERDİ, Gaziantep Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Ömer KORKUT, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Rabia ÇİZEL, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
- Doç. Dr. Rovshan Aliyev, Bakü Devlet Üniversitesi, Azerbaycan

Doç.Dr. Saadet Gandilova Tagı kızı, Azerbaycan Devlet İktisat Üniversitesi -UNEC, Azerbaycan

Doç.Dr. Sūdabe Salihova, Azerbaycan Devlet İktisat Üniversitesi - UNEC, Azerbaycan

Doç. Dr. Şebnem HELVACIOĞLU, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Yavuz DUVARCI, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Abdullah AKPINAR, Adnan Menderes Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Ahmet Kürşat ERSÖZ, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Aqıl Memmedov, Azerbaycan Devlet İktisat Üniversitesi -UNEC, Azerbaycan

Dr. Öğretim Üyesi Aslıhan NAKİBOĞLU, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Baki BAĞRIAÇIK, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Banu ÖZTANRIÖVER, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Behçet Yalın ÖZKARA, Osmangazi Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Behzad DİVKAN, East Tahrān Branch İslamic Üniversitesi, İran

Dr. Öğretim Üyesi Berrin GÜNER, Adnan Menderes Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Burcu GÜRKAN, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Dilan ALP, Şırnak Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Eray YAĞANAK, Mersin Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Erhan AKDEMİR, Anadolu Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Esengül İPLİK, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Fethi NAS, Bartın Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Gözde TANTEKİN ÇELİK, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Hakan GÜNEYLİ, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Gürol ZIRHLIOĞLU, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Hakkı ÇİFTÇİ, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Işıl IŞIK BOSTANCI, Mustafa Kemal Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi İrfan DÖNMEZ, Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi İsmail Erim GÜLAÇTI, Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Bülent ÖNER, Gelişim Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Emin KAHRAMAN, Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Mir Hamid SALEHIAN, Tabriz Branch İslamic Azad Üniversitesi, İran

Dr. Öğretim Üyesi Muhammet Fazıl HİMMETOĞLU, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Mustafa CANER, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Mustafa KILLI, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Mümine KAYA KELEŞ, Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Neval AKÇA BERK, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Nil YAPICI, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Nurkhodzha Akbulaev, Azerbaycan Devlet İktisat Üniversitesi -UNEC, Azerbaycan

Dr. Öğretim Üyesi Ramis KARABULUT, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Samet EVCI, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Seda ÇELLEK, Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Serdar GİRGİNER, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Sevda DOLAPÇIOĞLU, Mustafa Kemal Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Şahin EKBEROV, Azerbaycan Devlet İktisat Üniversitesi -UNEC, Azerbaycan

Dr. Öğretim Üyesi Toğrul NAĞIYEV, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Tolga AKAY, Kafkas Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Volkan YURDADOĞ, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Zehra Doğan SÖZÜER, Haliç Üniversitesi, Türkiye

Dr. Ali BİRBİÇER, Milli Eğitim Bakanlığı, Türkiye

Dr. Fatih ERHAN, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Dr. Nermin TANBUROĞLU, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Dr. Nigar NAGİYEVA YORULMAZ, Girne Amerikan Üniversitesi, KKTC

SEKRETERYA

Araş. Gör. Ahmet KARDAŞLAR, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

Araş. Gör. Esra ASICI, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye

Okutman Pınar ÇAM, Çukurova Üniversitesi, Türkiye

DYNAMIC MODELING AND CONTROL OF RESEARCH BASED QUADCOPTER

Tugrul OKTAY* & Oguz KOSE**

I. INTRODUCTION

Quadcopter is a 4-rotors flying system which has abilities of hovering, taking off and landing vertically. They differ from the standard helicopters in using rotors with fixed-pitch blades, thus their rotor pitch does not vary as the blades rotate[1]. Quadcopters have application in many areas including military, search and rescue, commercial business, harsh and hostile environments, mapping and agriculture. A large number of long-endurance quadcopter systems are also used for civilian applications, for example, NASA employs the Helios, Altair, and Ikhana UAVs primarily for Earth science missions[2]. Aggressive maneuvers with aerial robots is an area of active research[3]. They can operate autonomously in indoor environments[4] and transport operations. Quadcopter can be designed such a way that this small and very effective vehicle is able to do more insecure missions that can be very hazardous for human beings and decreases the demand of human power in complex missions[5].

UAV classification is usually determined by some criteria or features, e.g. use application, range, altitude, endurance, vehicle type, size, etc. We are interested in classifying UAVs due to their configuration as:

- Fixed wing
- Rotary wing
- Free wing
- Tilt wing/rotor
- Tailsitter

Based on this classification, we note that fixed wing conventional or hovering rotary-wing aircraft systems are the most commonly used vehicles. On the one hand, fixed wing conventional aircrafts have proven reliability, long flight time, and cruise efficiency, but they cannot hover or fly at low speeds[6].

In recent years different approaches have been made on quadcopter. In B. Yuksek[7], an unmanned aerial vehicle with a fixed wing mathematically autopilot model and various control methods for this vehicle designs were made. In Ts. Tengis[8] tried to show by the simulation quadcopter model based on state feedback control and showed simulation result in MATLAB. In Q. Muhammad [9], a quadcopter made both a model and a simulation study. height stabilization made with only 2 centimeters of error. In [10] S. C. Quebe explored topics relevant to navigation and control of a small indoor unmanned aerial vehicle. The

* Department of Aeronautical Engineering, Erciyes University,

** Kelkit College of Aydin Dogan, Gumushane University, E-mail: oktay@erciyes.edu.tr

observer or estimator was designed using an Extended Kalman Filter and estimation quadcopter model parameters using an SIR particle filter.

In [11] I. Sonnevend worked on position, height and angle combinations. He used the LQR technique for height stabilization and showed the results of simulation. In [12] G. Ononiwu a quadcopter was first modeled mathematically, after which a simulation was carried out in MATLAB by designing a PID controller, which was applied to the mathematical model. The PID controller parameters were then applied to the real system. The output of the simulation and the real system were compared and attitude and altitude dynamics of a quadcopter were considered. Therefore, roll, pitch, yaw, and altitude dynamics were modeled. In V. Praveen [13] the working and implementation of pitch, roll and yaw movement of quadcopter based on PID logic controller was presented. Mathematical modeling of quadcopter done using MATLAB Simulink model. For stabilization of quadcopter, PID logic controller was chosen. PID logic was implemented successfully in MATLAB. In [14] A. Alkamachi a trajectory tracking controller was proposed, in which four PID controllers are designed to stabilize the Quadcopter and to achieve the required altitude and orientation. However, a nested loop PID controllers are designed to track the desired x and y position of the quadcopter. In order to analyze the dynamic characteristics and PID controller performance of a quadcopter, in [15] firstly describes the architecture of the quadcopter and analyzes the dynamic model of it. Then, based on the classic scheme of PID control, this paper designs a controller, which aims to regulate the posture (position and orientation) of the 6 DOF.

II. MATHEMATICAL MODELLING OF QUADCOPTER

Two pairs of rotors move in opposite directions, one Clockwise (CW) and one Counter-Clockwise (CCW). It has six degrees of freedom (6DOF). Unlike helicopters it has fixed pitch and fixed angle rotors. By changing the rpm of the rotors the quadcopter moves in all direction [16]. Quadcopter has four similar rotor and propellers fixed angle of attack. Each motor is responsible for a certain amount of thrust and torque. The roll, pitch and yaw angles are used to define the altitude around the quadcopter center of mass. As show Figure 1, changes in the pitch angle is obtained by changing of speeds in propeller 1 and 3, the roll angle will change if propeller 2 and 4 speeds change and yaw are obtained by changing the balances of the torque.

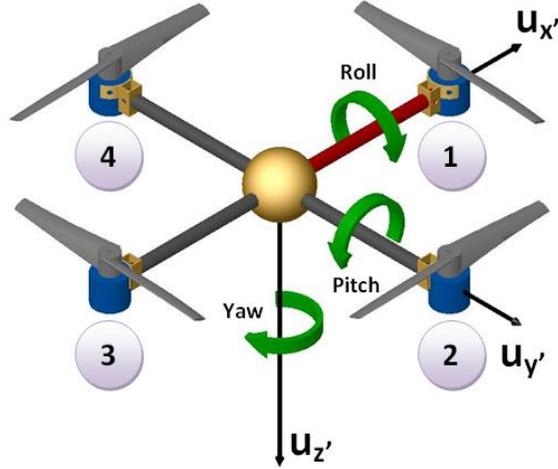


Figure 1: Pitch, Roll and Yaw Angles of Quadcopter

A. Quadcopter Coordinate System

To get mathematical model, as show Figure 2, it is necessary to define two coordinate system:

- Earth fixed frame
- Body fixed frame

Some quadcopter physical properties are measured in earth fixed frame (roll, pitch and yaw angles, angular velocities), while some properties are measured in body fixed frame (linear accelerations)[17].

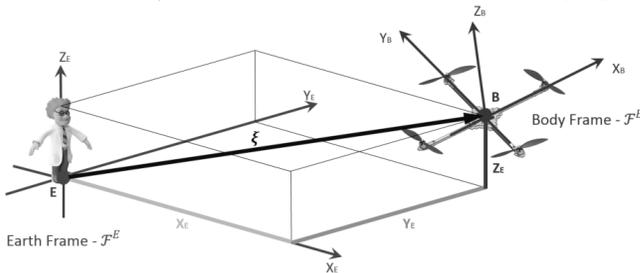


Figure 2: Earth and Body Fixed Frame[17]

B. Quadcopter Kinematics

The transformation matrix R between earth fixed frame and body fixed frame is obtained by three consecutive rotations roll, pitch and yaw (Euler's angle) about x , y and z axes, respectively.

Here, the Newton-Euler approach is used with the following assumptions[18]:

- the structure is rigid and symmetric,
- the propellers are rigid,
- the thrust and the drag are proportional to the square of speed
- ground effect is neglected,

R rotation matrix according to Euler angles is as follows;

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta \cos \psi & \cos \theta \sin \psi & -\sin \theta \\ \sin \psi \sin \theta \cos \psi - \cos^\phi \sin \psi & \cos^\phi \cos \psi + \sin^\phi \sin \theta \sin \psi & \sin^\phi \cos \theta \\ \cos^\phi \sin \theta \cos \psi + \sin^\phi \sin \psi & \sin \theta \cos^\phi \sin \psi - \sin^\phi \cos \psi & \cos \theta \cos^\phi \end{bmatrix}$$

The thrust force produced by each propeller is equal to four times the weight of the quadcopter. Then,

$$F_M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \sum_{i=1}^4 f_i \end{bmatrix} \quad (2)$$

Where f_i [19],

$$f_i = 4.392399 \times 10^{-8} \cdot \text{RPM} \cdot \frac{d^{3.5}}{\sqrt{\text{pitch}}} (4.23333 \times 10^{-4} \cdot \text{RPM} \cdot \text{pitch} - V_0) \quad (3)$$

RPM is propeller rotations per minute; pitch is propeller pitch, in inches; d is propeller diameter, in inches; and V_0 is the forward airspeed, freestream velocity, or inflow velocity (depending on what you want to call it), in m/s[19].

$[x \ y \ z \ \phi \ \theta \ \psi]^T$ the vector containing the linear and angular position of the quadcopter in the earth fixed frame and $[u \ v \ w \ p \ q \ r]^T$ the vector containing the linear and angular velocities in the body fixed frame and T is a matrix for angular transformations[20].

$$T = \begin{bmatrix} 1 & \sin(\phi) \tan(\theta) & \cos(\phi) \tan(\theta) \\ 0 & \cos(\phi) & -\sin(\phi) \\ 0 & \frac{\sin(\phi)}{\cos(\theta)} & \frac{\cos(\phi)}{\cos(\theta)} \end{bmatrix} \quad (4)$$

So, the kinematic model earth fixed frame of the quadcopter is:

$$\begin{aligned} & w[s(\phi) c(\psi) + c(\phi) c(\psi) s(\theta)] - v[c(\phi) s(\psi) - c(\psi) s(\phi) s(\theta) + u[c(\psi) c(\theta)]] \\ & \dot{y} = \\ & v[c(\phi) c(\psi) + s(\phi) s(\psi) s(\theta)] - w[c(\psi) s(\phi) - c(\phi) s(\psi) s(\theta) + u[c(\theta) s(\psi)]] \\ & \dot{z} = w[c(\phi) c(\theta)] - u[s(\theta)] + v[c(\theta) s(\phi)] \\ & \dot{\phi} = p + r[c(\phi) t(\theta)] + q[s(\phi) t(\theta)] \\ & \dot{\theta} = q[c(\phi)] - r[s(\phi)] \\ & \dot{\psi} = r \frac{s(\phi)}{c(\theta)} + q \frac{s(\phi)}{c(\theta)} \end{aligned} \quad (5)$$

$[m_x \ m_y \ m_z]^T$ is total torque and I is diagonal inertia matrix[20].

$$I = \begin{bmatrix} I_x & 0 & 0 \\ 0 & I_y & 0 \\ 0 & 0 & I_z \end{bmatrix} \quad (6)$$

It follows that the inertia matrix elements of the quadcopter are[21];

$$\left. \begin{aligned} I_{x1} &= \frac{1}{12} m_m (l_y^2 + l_z^2) \\ I_{x2} &= \frac{1}{12} m_m (l_y^2 + l_z^2) + m_m d_{cg}^2 \\ I_x &= 2I_{x1} + 2I_{x2} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} I_{y1} &= \frac{1}{12} m_m (l_x^2 + l_z^2) + m_m d_{cg}^2 \\ I_{y2} &= \frac{1}{12} m_m (l_x^2 + l_z^2) \\ I_y &= 2I_{y1} + 2I_{y2} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$$\left. \begin{aligned} I_{z1} &= \frac{1}{12} m_m (l_x^2 + l_y^2) + m_m d_{cg}^2 \\ I_z &= 4I_{z1} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

So, total torque on quadcopter body fixed frame

$$\left. \begin{aligned} m_x &= \dot{p}I_x - qrI_y + qrI_z \\ m_y &= \dot{q}I_y + prI_x - prI_z \\ m_z &= \dot{r}I_z - pqI_x + pqI_y \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

The inputs must applied to the system in order to control the behavior of the quadcopter. The values of the input forces and torques proportional to the squared speeds of the rotors[22].

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= b(\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\ U_2 &= bl(\Omega_3^2 - \Omega_1^2) \\ U_3 &= bl(\Omega_4^2 - \Omega_2^2) \\ U_4 &= b(\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Where l the distance between any rotor and the center of the quadcopter, b is the thrust factor and d is the drag factor. So, the kinematic model body fixed frame of the quadcopter is:

$$\left. \begin{aligned} \dot{u} &= (vr - wq) + g s(\theta) \\ \dot{v} &= (wp - ur) - g c(\theta) s(\phi) \end{aligned} \right\}$$

$$\begin{aligned}
\dot{w} &= (uq - vp) - g c(\theta) s(\phi) \frac{U_1}{m} \\
\dot{p} &= \frac{I_y - I_z}{I_x} qr + \frac{U_2}{I_x} \\
\dot{q} &= \frac{I_z - I_x}{I_y} pr + \frac{U_3}{I_y} \\
\dot{r} &= \frac{I_x - I_y}{I_z} pq + \frac{U_4}{I_z}
\end{aligned} \tag{12}$$

C. State Space Model

The state space model of a nonlinear system in general is as follows;

$$\dot{x} = f(x, u) \tag{13}$$

In this case, the state vector;

$$\dot{x} = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5 \ x_6 \ x_7 \ x_8 \ x_9 \ x_{10} \ x_{11} \ x_{12}] = [x \ y \ z \ u \ v \ w \ p \ q \ r \ \phi \ \theta \ \psi] \tag{14}$$

And inputs are as equation (11). According to the above, the nonlinear state space model is redefined;

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \\ x_{11} \\ x_{12} \\ (\sin x_6 \sin x_4 + \cos x_6 \sin x_5 \cos x_4) \frac{U_1}{m} \\ (-\cos x_6 \sin x_4 + \sin x_6 \sin x_5 \cos x_4) \frac{U_1}{m} \\ (\cos x_5 \cos x_4) \frac{U_1}{m} - g \\ \frac{I_y - I_z}{I_x} x_{11} x_{12} - \frac{J_{TP}}{I_x} x_{11} \Omega + \frac{U_2}{I_x} \\ \frac{I_z - I_x}{I_y} x_{10} x_{12} - \frac{J_{TP}}{I_y} x_{10} \Omega + \frac{U_3}{I_y} \\ \frac{I_x - I_y}{I_z} x_{11} x_{10} + \frac{U_4}{I_z} \end{bmatrix} \tag{15}$$

It is assumed that the quadcopter is in hover to obtain the linear model and the state variables in the hover state;

$$\bar{x} = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \tag{16}$$

The inputs are from equation (3);

$$\bar{u} = [f_1 \ f_2 \ f_3 \ f_4] \tag{17}$$

The Taylor series expansion from the first order is applied for the linearization process and equilibrium point is taken as (\bar{x}, \bar{u}) [23].

The basic form of the linear state space equations are as follows:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

Where u is a vector of system inputs and x is the state vector. To achieve hovering condition, all states must be zero. If think initial starting condition at some position in space (x, y, z) and call that point zero, all the allowed states should also be zero. This is the easiest point to linearize about since many of the elements after the linearization process go to either zero or one[24]. If linearization is performed according to equations 5 and 12, the matrices A, B, C and D are as follows;

$$A = \begin{matrix} & - \\ & 9.81 \\ & 0 \\ & 0 \\ & 0 \\ & 0 \\ & 0 \end{matrix}$$

$$E = \begin{matrix} & 0 & 0 \\ & 1 & 0 \\ /m \\ & 0 & 1 \\ & /m \\ & 0 & 0 \\ & 0 & 0 \\ & 0 & 0 \end{matrix}$$

$$C =$$

$$D =$$

III. CONTROL SYSTEM

In this section, the control structure of the system in which the equations are derived and the linear model is created is designed. The PID with the best stability is used in the control structures.

PID technique represents the basics of control, PID is often chosen because of its simple structure, good performance and tuning even without a specific model of the controlled system[25]. The conventional PID structure or derivative and integral effect given in Figure 3 It consists of a combination of parameters and the blocks '1 / s' and 's' integral and derivative.

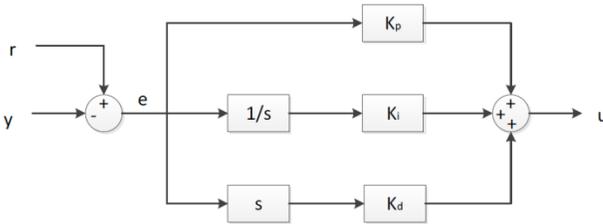


Figure 3: Traditional PID Controller

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(v) d(v) + K_d \frac{de(t)}{d(t)} \quad (18)$$

In this structure u is the controlled variable, e , difference between the reference value r and the sensor y , K_p proportional coefficient, K_i integral coefficient and K_d is the derivative coefficient.

The effects of gains K_p , K_i and K_d on a closed loop system are in the Table 1.

| Response | Rise Time | Overshoot | Settling Time | Steady State Error |
|----------|--------------|-----------|---------------|--------------------|
| K_p | Decreases | Increases | Small Change | Decreases |
| K_d | Decreases | Increases | Increases | Eliminate |
| K_i | Small Change | Decreases | Decreases | No Change |

Table 1: Effect of PID Gains

There are two main disadvantages in the general PID controller[26]:

1) Since the derivative effect is calculated using error signal of the system, the output of the derivative will be an impulse function when a step input is applied to the system. This can cause the system moved away from the linear zone by saturating the actuators.

2) Combination of actuators' saturation and effect of the integral can cause a nonlinear effect. This will lead a decrease in controller's performance. Another issue is integral winding, which occurs when the integral value is large and the sign of the error signal changes it takes time to change the sign of the integral. To prevent this situation, the integral effect should be limited to minimum and maximum values.

In Figure 4 a new approach used in PID controller to prevent these undesired situations[27].

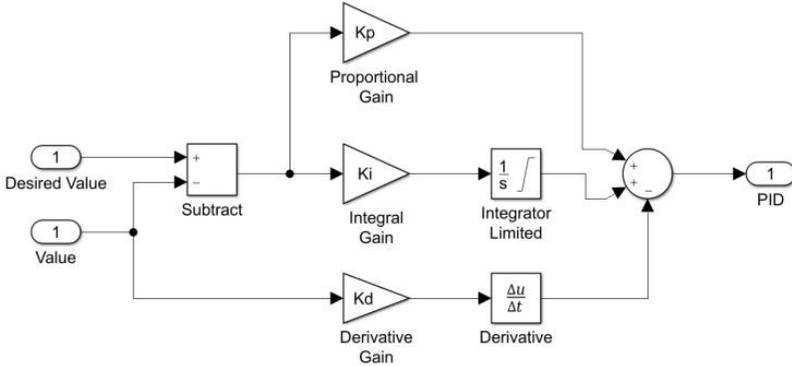


Figure 4: PID New Approach

Accordingly, the altitude PID is as shown in Figure 6.

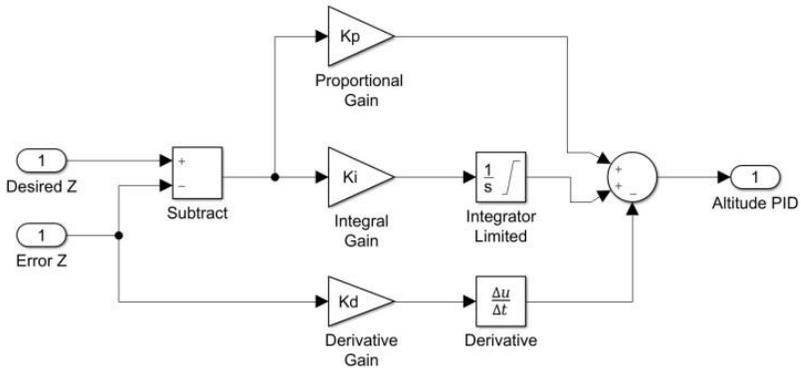


Figure 5: Altitude PID

UAVs missions in real-life applications encounter significant disturbances generated by atmospheric turbulence, which is a complex physical phenomenon and is typically modeled using elements from stochastic fluid theory. Therefore, it is preferable to pass a white noise through a forming filter in order to generate a proper wind-gust model. In literature, two main forming filters can be found: the Dryden and the von Karman. It is von Karman approach that is utilized in this paper[28].

The von Karman forming filters based on approximations of the von Karman velocity spectra are formulated as follows [29] for longitudinal, lateral and vertical velocity components respectively:

$$H_u(s) = \frac{\sigma_u \sqrt{\frac{2L_u}{\pi V} + 0.25 \frac{L_u}{V}} s}{1 + 1.357 \frac{L_u}{V} s + 0.1987 L_u^2 s^2} \quad (19)$$

$$H_v(s) = \frac{\sigma_v \sqrt{\frac{L_v}{\pi V} + 2.7478 \frac{L_v}{V} s + 0.3398 \frac{L_v^2}{V} s^2}}{1 + 2.9958 \frac{L_v}{V} s + 1.9754 \frac{L_v^2}{V} + 0.1539 \frac{L_v^3}{V} s^3} \quad (20)$$

$$H_w(s) = \frac{\sigma_w \sqrt{\frac{L_w}{\pi V} + 2.7478 \frac{L_w}{V} s + 0.3398 \frac{L_w^2}{V} s^2}}{1 + 2.9958 \frac{L_w}{V} s + 1.9754 \frac{L_w^2}{V} + 0.1539 \frac{L_w^3}{V} s^3} \quad (21)$$

Where V denotes the relative speed of the quadcopter to air stream, $\sigma_u, \sigma_v, \sigma_w$ represent the turbulence intensities and L_u, L_v, L_w the scale of turbulence for each component. For lower altitudes should be used:

$$L_v = L_u = \frac{z}{(0.177 + 0.00023z)^{1.2}} \quad L_w = z \quad (22)$$

The turbulence intensities σ_u, σ_v are calculated:

$$\sigma_w = 0.1W_{20} \quad (23)$$

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_w} = \frac{\sigma_v}{\sigma_w} = \frac{1}{(0.177 + 0.000823z)^{0.4}} \quad (24)$$

Accordingly, the longitudinal state space model is as follows[24]:

$$\dot{x} = Ax + B_{\eta} + C_{\xi}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{u} \\ \Delta \dot{w} \\ \Delta \dot{q} \\ \Delta \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_u & X_w & 0 & -g \\ Z_u & Z_w & u_0 & 0 \\ M_u & M_w & M_q & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta u \\ \Delta w \\ \Delta q \\ \Delta \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_{\delta} & X_{\delta_T} \\ Z_{\delta} & Z_{\delta_T} \\ M_{\delta} & M_{\delta_T} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_e \\ \Delta \delta_T \end{bmatrix} \\ + \begin{bmatrix} -X_u & -X_w & 0 \\ -Z_u & -Z_w & 0 \\ -M_u & -M_w & -M_q \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_g \\ w_g \\ q_g \end{bmatrix}$$

Using the above state space model, the appropriate parameters are given for longitudinal motion.

IV. APPLICATION AND RESULTS

Quadcopter will be named zankakopter in this study.

The model drawn of Zankakopter in the Solidworks program is shown in Figure 6.

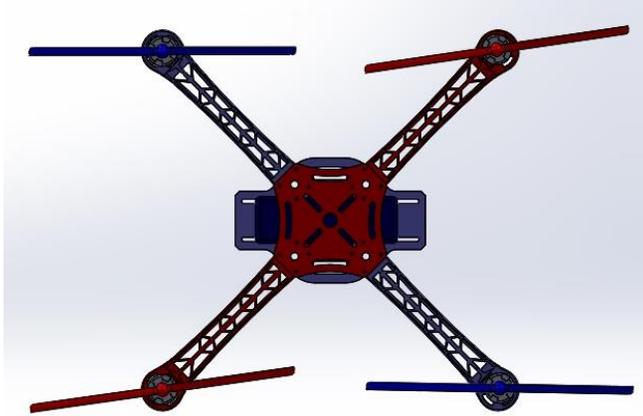


Figure 6: SolidWorks drawing

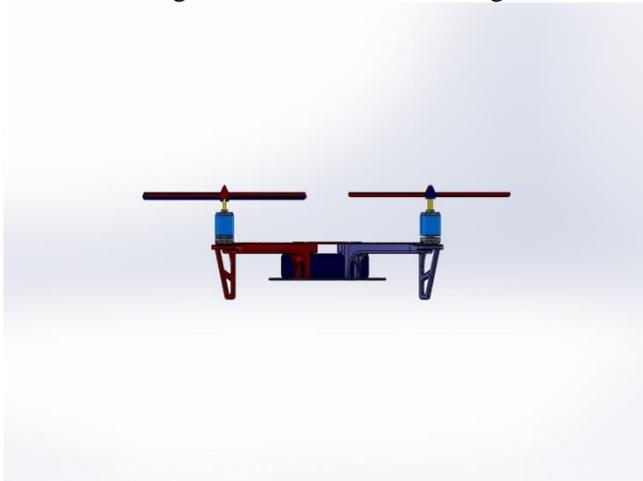


Figure 7: Solidworks drawing

Data from solidworks drawing;

| ZANKAKOPTER |
|---------------------------|
| $I_x=28.8 \times 10^{-3}$ |
| $I_y=28.8 \times 10^{-3}$ |
| $I_z=26 \times 10^{-3}$ |
| $m=0.82$ |

| |
|---------------------------|
| $l=0.22$ |
| $b=1.0741 \times 10^{-7}$ |
| $d=1.8099 \times 10^{-9}$ |
| $C_d=2.6$ |

Table 2: ZANKAKOPTER Data

Matlab/Simulink model created;

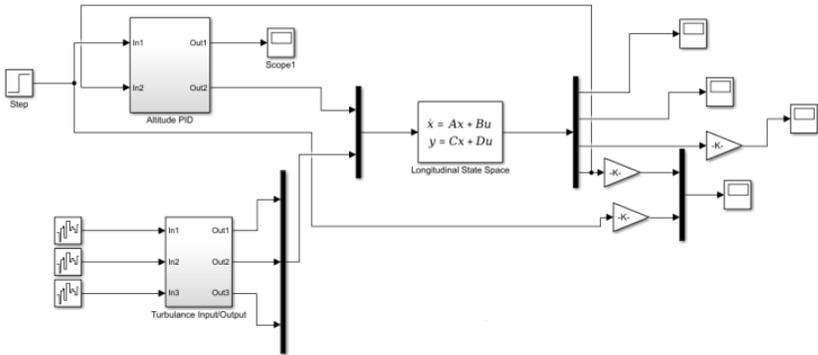


Figure 8: Matlab/ Simulink Model

The zankacopter hover in the linear model is taken into account and according to equation (3), each propeller should lift a quarter of the zankacopter mass.

Below each propeller rpm value is given.

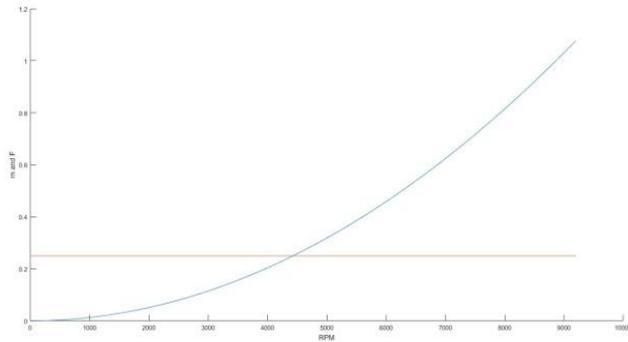


Figure 9: Thrust of each propeller

According to Figure 8, each propeller should produce 4447 rpm in case of hover. According to the obtained data, the zankacopter simulation results are as follows;

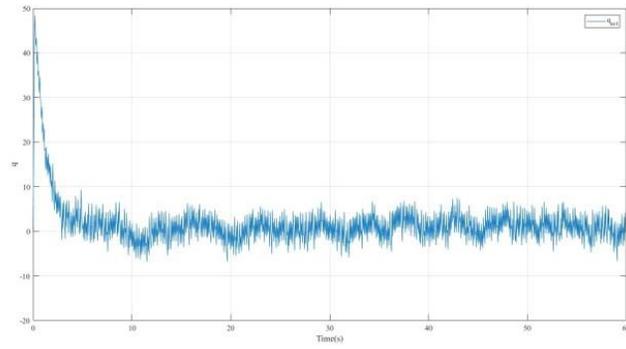


Figure 10: q value

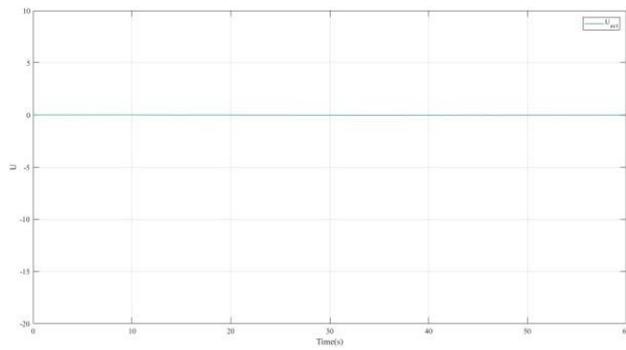


Figure 11: U value

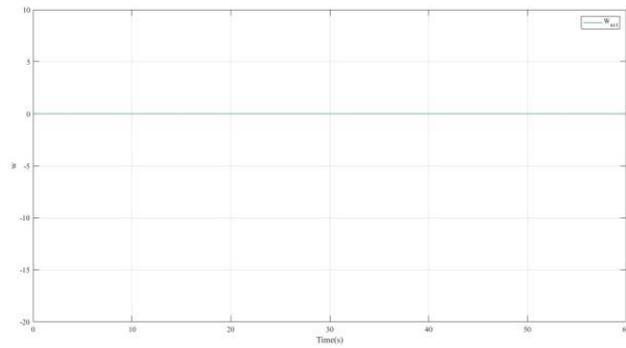


Figure 12: w value

The values u , w , q are uncontrolled values.

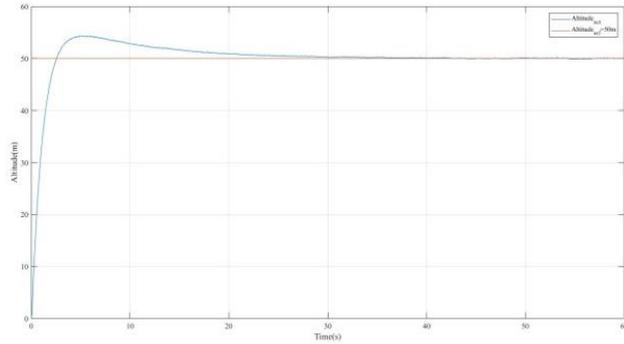


Figure 13: Altitude value

The PID values used in simulation are the following table.

| P | I | D |
|----|---|----|
| 50 | 5 | 50 |

Table 3: PID Values

As a result, the obtained values show that the zankacopter is hover with small deviation.

V. CONCLUSIONS

This article is based on a zankacopter longitudinal dynamic model and control. The zankacopter dynamic model was obtained by the Newton Euler equations which describe quadcopter motion. A turbulence model is defined as an aerodynamic side effect that affects zankacopter movement.

The PID algorithm was used to control the zankacopter. The von Karman turbulence model was used to obtain wind disturbances.

The controller that we proposed controlled the zankacopter dynamic model successfully in both noisy and noiseless environment.

Rise time, overshoot, settling time, steady state error which is criteria for design performances were obtained within satisfactory borders.

Demanded circle was controlled successfully.

Satiation function on the control surface obeyed successfully.

Other state variables did not demonstrate catastrophic behavior.

REFERENCES

- [1] F. Šolc, "Modelling and Control of a Quadrocopter," *Advanced in Military Technology*, vol. 1, pp. 29-38, 2007.
- [2] K. P. Valavanis and G. J. Vachtsevanos, *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*: Springer Netherlands, 2014.

- [3] D. Mellinger, N. Michael, and V. Kumar, "Trajectory generation and control for precise aggressive maneuvers with quadcopters," *The International Journal of Robotics Research*, vol. 31, pp. 664-674, 2012.
- [4] M. Achtelik, A. Bachrach, R. He, S. Prentice, and N. Roy, "Stereo vision and laser odometry for autonomous helicopters in GPS-denied indoor environments," in *Unmanned Systems Technology XI*, 2009, p. 733219.
- [5] A. Basci, K. Can, K. Orman, and A. Derdiyok, "Trajectory tracking control of a four rotor unmanned aerial vehicle based on continuous sliding mode controller," *Elektronika ir Elektrotechnika*, vol. 23, pp. 12-19, 2017.
- [6] J. A. Guerrero and R. Lozano, "UAV Flight formation control," ed: John Wiley-ISTE, 2012.
- [7] B. Yüksek, "Sabit Kanatlı Bir İnsansız Hava Aracının Modellenmesi Ve Kontrolü," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [8] T. Tengis and A. Batmunkh, "State feedback control simulation of quadcopter model," in *Strategic Technology (IFOST), 2016 11th International Forum on*, 2016, pp. 553-557.
- [9] M. QASIM, "Attitude control for a quadcopter helicopter," 2013.
- [10] S. C. Quebe, "Modeling, Parameter Estimation, and Navigation of Indoor Quadcopter Robots," 2013.
- [11] I. Sonnevend, "Analysis and model based control of a quadcopter helicopter," *BSc Diploma work, Péter Pázmány Catholic University, Faculty of Information Technology, Budapest, Hungary (supervisor: G. Szederkényi) MSc Diploma work*, 2010.
- [12] G. Ononiwu, O. Onojo, O. Ozioko, and O. Nosiri, "Quadcopter Design for Payload Delivery," *Journal of Computer and Communications*, vol. 4, pp. 1-12, 2016.
- [13] V. Praveen and S. Pillai, "A., "Modeling and simulation of quadcopter using PID controller"," *International Journal of Control Theory and Applications*, vol. 9, pp. 7151-7158, 2016.
- [14] A. Alkamachi and E. Erçelebi, "Modelling and genetic algorithm based-PID control of H-shaped racing quadcopter," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 42, pp. 2777-2786, 2017.

- [15] J. Li and Y. Li, "Dynamic analysis and PID control for a quadcopter," in *Mechatronics and Automation (ICMA), 2011 International Conference on*, 2011, pp. 573-578.
- [16] Z. Tahir, M. Jamil, S. A. Liaqat, L. Mubarak, W. Tahir, and S. O. Gilani, "Design and Development of Optimal Control System for Quad Copter UAV," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 9, 2016.
- [17] Z. Benić, P. Piljek, and D. Kotarski, "Mathematical modelling of unmanned aerial vehicles with four rotors," *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, vol. 14, pp. 88-100, 2016.
- [18] A. Marks, J. F. Whidborne, and I. Yamamoto, "Control allocation for fault tolerant control of a VTOL octorotor," in *Control (CONTROL), 2012 UKACC International Conference on*, 2012, pp. 357-362.
- [19] G. Staples, "Propeller Static & Dynamic Thrust Calculation," ed, 2015.
- [20] F. Sabatino, "Quadcopter control: modeling, nonlinear control design, and simulation," ed, 2015.
- [21] J. M. B. Domingues, "Quadcopter prototype," *Universidade Tecnica de Lisboa. Dissertacio*, 2009.
- [22] T. Bresciani, "Modelling, identification and control of a quadcopter helicopter," *MSc Theses*, 2008.
- [23] E. Kıyak and A. Ermeydan, "Bir döner kanata arıza toleranslı uçuş kontrol sistemi tasarımı," *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, vol. 32, pp. 21-34, 2017.
- [24] E. Klavins, C. Matlack, J. Palm, A. Nelson, and A. Bradford, "Quad-Rotor UAV project," 2010.
- [25] E. Adel-Ezzat, "Quadcopter System Modeling and Autopilot Synthesis."
- [26] P. Akyol, "Disturbance rejection and attitude control of quadcopter with log," *Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2017.
- [27] B. L. Stevens, F. L. Lewis, and E. N. Johnson, *Aircraft control and simulation: dynamics, controls design, and autonomous systems*: John Wiley & Sons, 2015.

- [28] K. Alexis, G. Nikolakopoulos, and A. Tzes, "Constrained-control of a quadcopter helicopter for trajectory tracking under wind-gust disturbances," in *MELECON 2010-2010 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference*, 2010, pp. 1411-1416.
- [29] U.-L. LY and Y. Chan, "Time-domain computation of aircraft gust covariance matrices," in *6th Atmospheric Flight Mechanics Conference*, 1980, p. 1615.

OPTIMAL TUNNING OF PID CONTROLLER FOR FORWARD FLIGHT OF RESEARCH BASED QUADROTOR

Tugrul OKTAY* & Oguz KOSE**

I. INTRODUCTION

Quadrotor is VTOL (Vertical Take-Off and Landing) aerial vehicle belonging to the class of multirotor helicopters. They differ from the standard helicopters in using rotors with fixed-pitch blades, thus their rotor pitch does not vary as the blades rotate[1].

Unmanned aerial vehicles (UAV) are vehicles that can be operated in hazardous or hard-to-reach environments.

In the last 40-50 years the interest in these vehicles has increased greatly. They have also gained significant advantages over manned air vehicles. Some of these advantages are low production and blending costs, they have been designed to address different needs, and they have saved the lives of pilots from the dangers of hard work[2]. In civilian use, unmanned aerial vehicles have been used in areas such as agriculture, mapping, aerial imaging, fire determination.

Military at sea detection of enemy fleets and port security; for land exploration, surveillance and mine screening purposes; long-haul and high-altitude explorations, spy communications and combat destruction of radar systems, flight safety they were employed in various positions[3].

The success of small UAVs, such as discovery and security[4], search and rescue[5, 6], has made them very attractive for researchers working in the field of control and robotics, being small in size, stable flight capabilities and mechanically simpler[7, 8].

UAV classification is usually determined by some criteria or features e.g. use application, range, altitude, endurance, vehicle type, size, etc. We are interested in classifying UAVs due to their configuration as:

- Fixed wing
- Rotary wing
- Free wing
- Tilt wing/rotor
- Tailsitter

Based on this classification, we note that fixed wing conventional or hovering rotary-wing aircraft systems are the most commonly used vehicles. On the one hand, fixed wing conventional aircrafts have proven

* Department of Aeronautical Engineering, Erciyes University,

** Kelkit College of Aydn Dogan, Gumushane University, E-mail: oktay@erciyes.edu.tr

reliability, long flight time, and cruise efficiency, but they cannot hover or fly at low speeds[9].

In recent years different approaches have been made on quadrotor. In B. Yuksek[10] , an unmanned aerial vehicle with a fixed wing mathematically autopilot model and various control methods for this vehicle designs were made. In Ts. Tengis[11] tried to show by the simulation quadrotor model based on state feedback control and showed simulation result in MATLAB. In Q. Muhammad[12], a quadrotor made both a model and a simulation study. Height stabilization made with only 2 centimeters of error. In [13] S. C. Quebe explored topics relevant to navigation and control of a small indoor unmanned aerial vehicle. The observer or estimator was designed using an Extended Kalman Filter and estimation quadrotor model parameters using an SIR particle filter. In [14] I. Sonnevend worked on position, height and angle combinations. He used the LQR technique for height stabilization and showed the results of simulation. In [15] G. Ononiwu a quadrotor was first modeled mathematically, after which a simulation was carried out in MATLAB by designing a PID controller, which was applied to the mathematical model. The PID controller parameters were then applied to the real system. The output of the simulation and the real system were compared and attitude and altitude dynamics of a quadrotor were considered. Therefore, roll, pitch, yaw, and altitude dynamics were modeled. In [16] V. Praveen the working and implementation of pitch, roll and yaw movement of quadrotor based on PID logic controller was presented. Mathematical modeling of quadrotor done using MATLAB Simulink model. For stabilization of quadrotor, PID logic controller was chosen. PID logic was implemented successfully in MATLAB. In [17] A. Alkamachi a trajectory tracking controller was proposed, in which four PID controllers are designed to stabilize the Quadrotor and to achieve the required altitude and orientation. However, a nested loop PID controllers are designed to track the desired x and y position of the quadrotor. In order to analyze the dynamic characteristics and PID controller performance of a quadrotor, in [18] firstly describes the architecture of the quadrotor and analyzes the dynamic model of it. Then, based on the classic scheme of PID control, this paper designs a controller, which aims to regulate the posture (position and orientation) of the 6 DOF. In [19] discussed quadrotor autonomous elevation control. The system is modeled using state space model and MATLAB / SIMULINK is simulated. PID control was used to control the quadrotor and stabilize the altitude. In [20] presented an approach for quadrotor altitude control. Quadrotor altitude control under various disturbances. PID control and extended Kalman Filter are used for this.

VI. MATHEMATICAL MODELLING OF QUADROTOR

In order to model the quadrotor, it is firstly necessary to make a mathematical model.

The quadrotor consists of four motors and propellers.

Each rotor produces a thrust. If the total thrust produced by the four-rotor is equal to the weight of the quadrotor, the quadrotor will remain in the air hover. As shown in Figure 1, the rotor pairs (1-3, 2-4) are opposite to each other but the pairs rotate in the same direction.

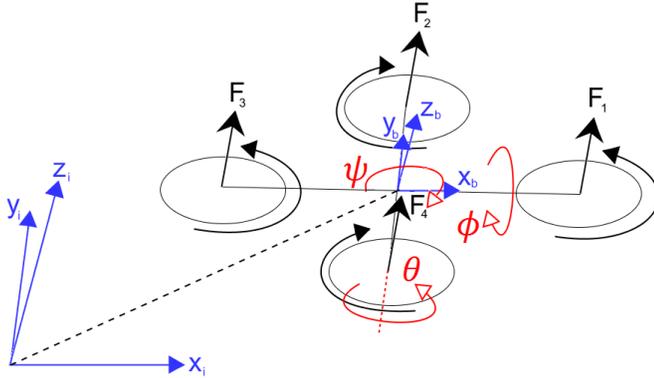


Figure 14: Quadrotor Coordinate System

If the quadrotor moves in the vertical axis, the revolutions of all the rotors must be increased evenly and reduced. If the rotor revolutions are increased by the equal amount, the total thrust produced will be greater than the quadrotor weight and the quadrotor will be accelerated upwards. If the rotor revolutions are reduced by an equal amount, the total thrust produced will be less than the weight of the quadrotor, so the acceleration will decrease and the quadrotor will start to descend.

The quadrotor roll movement consists of the revolutions differences of rotors 2 and 4. The quadrotor moves towards the 4. rotor when the 2. rotor rotates faster than the 4. rotor. The quadrotor moves towards the 2. rotor when the 4. rotor rotates faster than the 2. rotor. This movement is also the movement on the y axis.

The quadrotor pitch movement consists of the revolutions differences of rotors 1 and 3. The quadrotor moves towards the 3. rotor when the 1. rotor rotates faster than the 3. rotor. The quadrotor moves towards the 1. rotor when the 3. rotor rotates faster than the 1. rotor. This movement is also the movement on the X axis. If the pitch angle increases, the quadrotor increases the feedrate on the X axis. If the pitch angle decreases, the quadrotor decreases the feedrate on the X axis. The same is true for roll action.

The quadrotor yaw movement is based on the sum of the rotor revolutions. If the revolutions of 1-3 rotors are higher than the revolutions of 2-4 rotors, the quadrotor rotates in the direction of rotation of the 2-4 rotors. . If the revolutions of 2-4 rotors are higher than the revolutions of 1-3 rotors, the quadrotor rotates in the direction of rotation of the 1-3 rotors.

In Figure 2, quadrotor hover, roll, pitch and yaw movements are given.

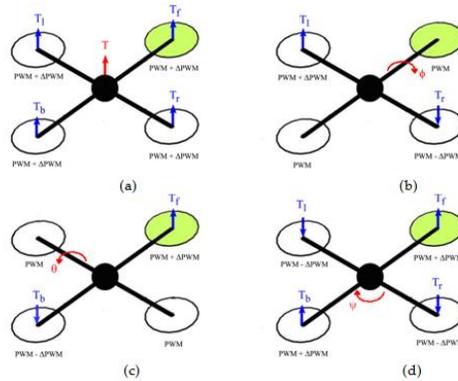


Figure 15: (a): Hover, (b): Roll, (c): Pitch, (d): Yaw

A. Quadrotor Coordinate System

To get mathematical model, as show Figure 3, it is necessary to define two coordinate system:

- Earth fixed frame
- Body fixed frame

Some quadrotor physical properties are measured in earth fixed frame (roll, pitch and yaw angles, angular velocities), while some properties are measured in body fixed frame (linear accelerations)[21].

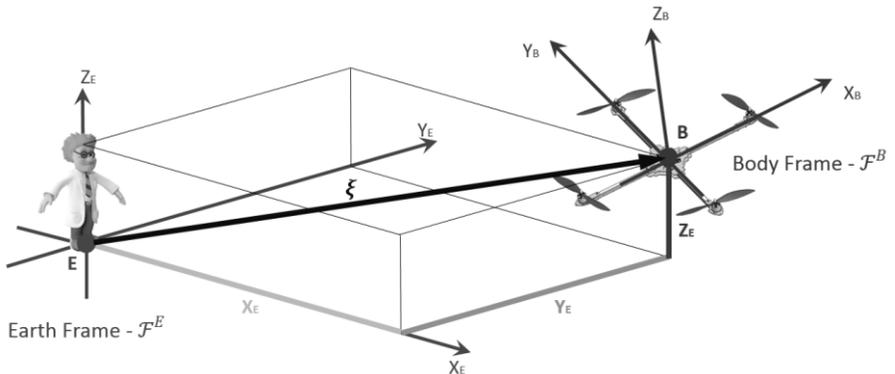


Figure 16: Earth and Body Fixed Frame[21]

B. Quadrotor Kinematics

The transformation matrix R between earth fixed frame and body fixed frame is obtained by three consecutive rotations roll, pitch and yaw (Euler's angle) about x, y and z axes, respectively.

Here, the Newton-Euler approach is used with the following assumptions[22]:

- the structure is rigid and symmetric,
- the propellers are rigid,
- the thrust and the drag are proportional to the square of speed,
- Ground effect is neglected.

R rotation matrix according to Euler angles is as follows;

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta \cos \psi & \cos \theta \sin \psi & -\sin \theta \\ \sin \psi \sin \theta \cos \psi - \cos \psi \sin \psi & \cos \psi \cos \theta + \sin \psi \sin \theta \sin \psi & \sin \psi \cos \theta \\ \cos \psi \sin \theta \cos \psi + \sin \psi \sin \psi & \sin \theta \cos \psi \sin \psi - \sin \psi \cos \psi & \cos \theta \cos \psi \end{bmatrix} \quad (1)$$

The thrust force produced by each propeller is equal to four times the weight of the quadrotor. Then,

$$F_M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \sum_{i=1}^4 f_i \end{bmatrix} \quad (2)$$

Where f_i [23],

$$f_i = 4.392399 \times 10^{-8} \cdot \text{RPM} \cdot \frac{d^{3.5}}{\sqrt{\text{pitch}}} (4.23333 \times 10^{-4} \cdot \text{RPM} \cdot \text{pitch} - V_0) \quad (3)$$

RPM is propeller rotations per minute; pitch is propeller pitch, in inches; d is propeller diameter, in inches; and V_0 is the forward airspeed, freestream velocity, or inflow velocity (depending on what you want to call it), in m/s[23].

$[x \ y \ z \ \phi \ \theta \ \psi]^T$ the vector containing the linear and angular position of the quadrotor in the earth fixed frame and $[u \ v \ w \ p \ q \ r]^T$ the vector containing the linear and angular velocities in the body fixed frame and T is a matrix for angular transformations[24].

$$T = \begin{bmatrix} 1 & \sin(\phi) \tan(\theta) & \cos(\phi) \tan(\theta) \\ 0 & \cos(\phi) & -\sin(\phi) \\ 0 & \frac{\sin(\phi)}{\cos(\theta)} & \frac{\cos(\phi)}{\cos(\theta)} \end{bmatrix} \quad (4)$$

So, the kinematic model earth fixed frame of the quadrotor is:

$$\begin{aligned}
\dot{x} &= w[s(\phi) c(\psi) + c(\phi) c(\psi) s(\theta)] - v[c(\phi) s(\psi) - c(\psi) s(\phi) s(\theta) + u[c(\psi) c(\theta)]] \\
\dot{y} &= v[c(\phi) c(\psi) + s(\phi) s(\psi) s(\theta)] - w[c(\psi) s(\phi) - c(\phi) s(\psi) s(\theta) + u[c(\theta) s(\psi)]] \\
\dot{z} &= w[c(\phi) c(\theta)] - u[s(\theta)] + v[c(\theta) s(\phi)] \\
\dot{\phi} &= p + r[c(\phi) t(\theta)] + q[s(\phi) t(\theta)] \\
\dot{\theta} &= q[c(\phi)] - r[s(\phi)] \\
\dot{\psi} &= r \frac{s(\phi)}{c(\theta)} + q \frac{s(\phi)}{c(\theta)}
\end{aligned} \tag{5}$$

$[m_x \ m_y \ m_z]^T$ is total torque and I is diagonal inertia matrix[24].

$$I = \begin{bmatrix} I_x & 0 & 0 \\ 0 & I_y & 0 \\ 0 & 0 & I_z \end{bmatrix} \tag{6}$$

It follows that the inertia matrix elements of the quadrotor are[25];

$$\begin{aligned}
I_{x1} &= \frac{1}{12} m_m (l_y^2 + l_z^2) \\
I_{x2} &= \frac{1}{12} m_m (l_y^2 + l_z^2) + m_m d_{cg}^2 \\
I_x &= 2I_{x1} + 2I_{x2}
\end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned}
I_{y1} &= \frac{1}{12} m_m (l_x^2 + l_z^2) + m_m d_{cg}^2 \\
I_{y2} &= \frac{1}{12} m_m (l_x^2 + l_z^2) \\
I_y &= 2I_{y1} + 2I_{y2}
\end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned}
I_{z1} &= \frac{1}{12} m_m (l_x^2 + l_y^2) + m_m d_{cg}^2 \\
I_z &= 4I_{z1}
\end{aligned} \tag{9}$$

So, total torque on quadrotor body fixed frame

$$\begin{aligned}
m_x &= \dot{p}I_x - qrI_y + qrI_z \\
m_y &= \dot{q}I_y + prI_x - prI_z \\
m_z &= \dot{r}I_z - pqI_x + pqI_y
\end{aligned} \tag{10}$$

The inputs must applied to the system in order to control the behavior of the quadrotor. The values of the input forces and torques proportional to the squared speeds of the rotors[26].

$$\begin{aligned}
U_1 &= b(\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\
U_2 &= bl(\Omega_3^2 - \Omega_1^2) \\
U_3 &= bl(\Omega_4^2 - \Omega_2^2) \\
U_4 &= b(\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2)
\end{aligned} \tag{11}$$

Where l the distance between any rotor and the center of the quadrotor, b is the thrust factor and d is the drag factor. The pitch torque is a function of the difference ($U_2 = \tau_\theta$), the roll torque is proportional to the term ($U_3 = \tau_\phi$) and the yaw one is the sum of all reactions torques generated by the four rotors ($U_4 = \tau_\psi$) and due to the shaft acceleration and propeller drag. So, the kinematic model body fixed frame of the quadrotor is:

$$\begin{aligned}
 \dot{u} &= (vr - wq) + g s(\theta) \\
 \dot{v} &= (wp - ur) - g c(\theta) s(\Phi) \\
 \dot{w} &= (uq - vp) - g c(\theta) s(\Phi) \frac{U_1}{m} \\
 \dot{p} &= \frac{I_y - I_z}{I_x} qr + \frac{U_2}{I_x} \\
 \dot{q} &= \frac{I_z - I_x}{I_y} pr + \frac{U_3}{I_y} \\
 \dot{r} &= \frac{I_x - I_y}{I_z} pq + \frac{U_4}{I_z}
 \end{aligned} \tag{12}$$

C. State Space Model

The state space model of a nonlinear system in general is as follows;

$$\dot{x} = f(x, u) \tag{13}$$

In this case, the state vector;

$$\begin{aligned}
 \dot{x} &= [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5 \ x_6 \ x_7 \ x_8 \ x_9 \ x_{10} \ x_{11} \ x_{12}] = \\
 &[x \ y \ z \ u \ v \ w \ p \ q \ r \ \Phi \ \theta \ \Psi] \\
 &(14)
 \end{aligned}$$

And inputs are as equation (11). According to the above, the nonlinear state space model is redefined;

$$(15) \quad \dot{x} = \begin{bmatrix} x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \\ x_{11} \\ x_{12} \\ (\sin x_6 \sin x_4 + \cos x_6 \sin x_5 \cos x_4) \frac{U_1}{m} \\ (-\cos x_6 \sin x_4 + \sin x_6 \sin x_5 \cos x_4) \frac{U_1}{m} \\ (\cos x_5 \cos x_4) \frac{U_1}{m} - g \\ \frac{I_y - I_z}{I_x} x_{11} x_{12} - \frac{J_{TP}}{I_x} x_{11} \Omega + \frac{U_2}{I_x} \\ \frac{I_z - I_x}{I_y} x_{10} x_{12} - \frac{J_{TP}}{I_y} x_{10} \Omega + \frac{U_3}{I_y} \\ \frac{I_x - I_y}{I_z} x_{11} x_{10} + \frac{U_4}{I_z} \end{bmatrix}$$

It is assumed that the quadrotor is in hover to obtain the linear model and the state variables in the pitch and hover state;

$$\bar{x} = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0] \quad (16)$$

The inputs are from equation (3);

$$\bar{u} = [f_1 \ f_2 \ f_3 \ f_4] \quad (17)$$

The Taylor series expansion from the first order is applied for the linearization process and equilibrium point is taken as (\bar{x}, \bar{u})

The basic form of the linear state space equations are as follows:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

Where u is a vector of system inputs and x is the state vector. If linearization is performed according to equations 5 and 12, the matrices A , B , C and D are as follows;

$$A = \begin{bmatrix} - \\ 9.81 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{matrix} & & 1 & 0 \\ & /m & & \\ E & 0 & 1 & \\ = & & /m & \\ & 0 & 0 & \\ & 0 & 0 & \\ & 0 & 0 & \end{matrix}$$

$$= \begin{matrix} C \\ = \end{matrix}$$

$$= \begin{matrix} D \\ = \end{matrix}$$

VII. CONTROL SYSTEM

In this section, the control structure of the system in which the equations are derived and the linear model is created is designed. The PID with the best stability is used in the control structures.

PID is a control mechanism used in common industrial control systems. It is also widely used in quadrotor control. A PID controller calculates the difference between a set point and a desired set point in the process as an "error" value. The controller tries to reach the set point by downloading the minimum value of the error.

The control output is passed through three separate mathematical operations and is obtained by summing. System effects are as follows.

Proportional Effect (P): Effective as the output multiplied by a certain "gain" value of the error. Calculates the current error.

Integral Effect (I): The effect of the control is proportional to the sum of all the errors in the moment up to the moment the effect is calculated. In other words, the integral effect means the sum of errors the system has made in the past.

Derivative Effect (D): It has a proportional effect on the output of the system, according to the change of the error. So it calculates the prediction of the future error.

75% of the applications in the industry have PID applied. Karl Arstom defines this algorithm which has a wide application area as follows:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(v) d(v) + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (18)$$

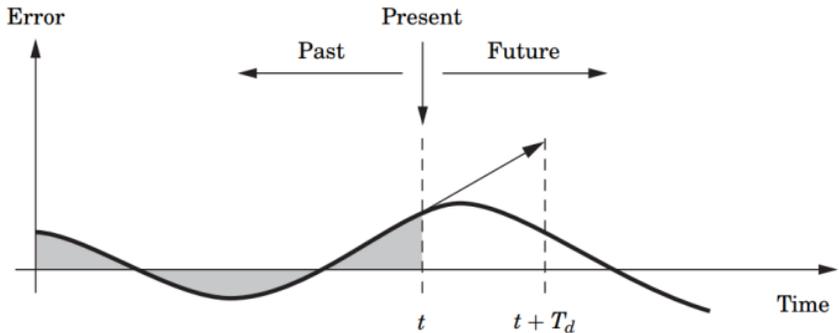


Figure 17: A PID controller takes control action based on past, present, and future

Where, K_p proportional coefficient, K_i integral coefficient and K_d is the derivative coefficient.

If a traditional PID structure is represented by blocks, it is as follows:

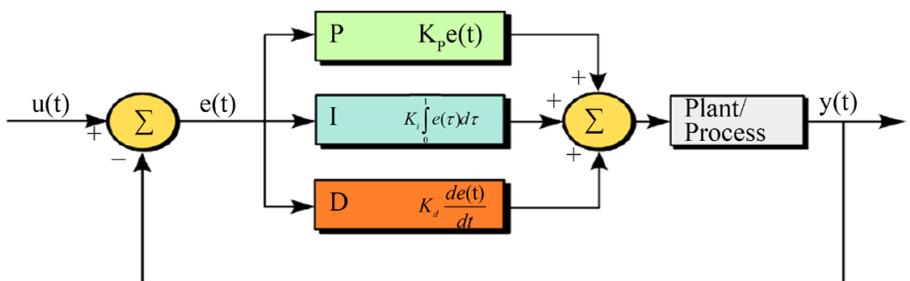


Figure 18: Traditional PID Controller

If the structure in figure 5 is formulated;

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (19)$$

Where, $e(t)$ error, $r(t)$ set point and $y(t)$ is output.

PID control is preferred because of the following reasons:

- Working with high precision,
- Reduction of floods,
- Less affected by process noises

The characteristics of the P, I and D controllers are as follows:

A proportional controller (K_p) is effective in reducing the rise time, but does not remove the steady state error.

An integral controller (K_i) is effective in removing the steady state error, but it can make the transient response worse.

A derivative controller (K_d) is effective in increasing system stability, reducing overshoot, improving transient response.

The effect of each controller on the system is given in the following table.

| Response | Rise Time | Overshoot | Settling Time | Steady State Error |
|----------|--------------|-----------|---------------|--------------------|
| K_p | Decreases | Increases | Small Change | Decreases |
| K_d | Decreases | Increases | Increases | Eliminate |
| K_i | Small Change | Decreases | Decreases | No Change |

Table 4: The effect of each controller on the system

There are two main disadvantages in the general PID controller[27].

1) Since the derivative effect is calculated using error signal of the system, the output of the derivative will be an impulse function when a step input is applied to the system. This can cause the system moved away from the linear zone by saturating the actuators.

2) Combination of actuators' saturation and effect of the integral can cause a nonlinear effect. This will lead a decrease in controller's performance. Another issue is integral winding, which occurs when the integral value is large and the sign of the error signal changes it takes time to change the sign of the integral. To prevent this situation, the integral effect should be limited to minimum and maximum values.

In Figure 6 a new approach used in PID controller to prevent these undesired situations[28].

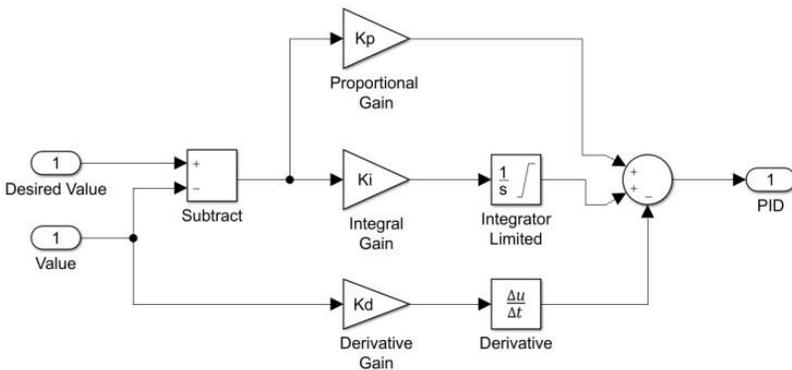


Figure 19: PID New Approach

Accordingly, the pitch PID is as shown in Figure 7.

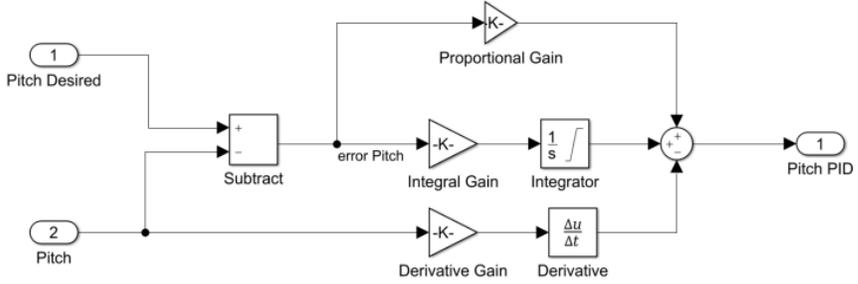


Figure 20: Pitch PID

UAVs missions in real-life applications encounter significant disturbances generated by atmospheric turbulence, which is a complex physical phenomenon and is typically modeled using elements from stochastic fluid theory. Therefore, it is preferable to pass a white noise through a forming filter in order to generate a proper wind-gust model. In literature, two main forming filters can be found: the Dryden and the von Karman. It is von Karman approach that is utilized in this paper[29].

The von Karman forming filters based on approximations of the von Karman velocity spectra are formulated as follows[30] for longitudinal, lateral and vertical velocity components respectively:

$$H_u(s) = \frac{\sigma_u \sqrt{\frac{2L_u}{\pi V} + 0.25 \frac{L_u}{V} s}}{1 + 1.357 \frac{L_u}{V} s + 0.1987 L_u^2 s^2} \quad (20)$$

$$H_v(s) = \frac{\sigma_v \sqrt{\frac{L_v}{\pi V} + 2.7478 \frac{L_v}{V} s + 0.3398 \frac{L_v^2}{V} s^2}}{1 + 2.9958 \frac{L_v}{V} s + 1.9754 \frac{L_v^2}{V} + 0.1539 \frac{L_v^3}{V} s^3} \quad (21)$$

$$H_w(s) = \frac{\sigma_w \sqrt{\frac{L_w}{\pi V} + 2.7478 \frac{L_w}{V} s + 0.3398 \frac{L_w^2}{V} s^2}}{1 + 2.9958 \frac{L_w}{V} s + 1.9754 \frac{L_w^2}{V} + 0.1539 \frac{L_w^3}{V} s^3} \quad (22)$$

Where V denotes the relative speed of the quadrotor to air stream, $\sigma_u, \sigma_v, \sigma_w$ represent the turbulence intensities and L_u, L_v, L_w the scale of turbulence for each component. For lower altitudes the equation (23) should be used:

$$L_w = z \quad (23)$$

$$L_v = L_u = \frac{z}{(0.177 + 0.00023z)^{1.2}} \quad (24)$$

The turbulence intensities σ_u, σ_v are calculated:

$$\sigma_w = 0.1W_{20} \quad (25)$$

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_w} = \frac{\sigma_v}{\sigma_w} = \frac{1}{(0.177+0.000823z)^{0.4}} \quad (26)$$

Accordingly, the longitudinal state space model is as follows[31]

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + B\eta + C\xi \\ \begin{bmatrix} \Delta\dot{u} \\ \Delta\dot{w} \\ \Delta\dot{q} \\ \Delta\dot{\theta} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} X_u & X_w & 0 & -g \\ Z_u & Z_w & u_0 & 0 \\ M_u & M_w & M_q & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta u \\ \Delta w \\ \Delta q \\ \Delta \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_\delta & X_{\delta_T} \\ Z_\delta & Z_{\delta_T} \\ M_\delta & M_{\delta_T} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\delta_e \\ \Delta\delta_T \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} -X_u & -X_w & 0 \\ -Z_u & -Z_w & 0 \\ -M_u & -M_w & -M_q \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_g \\ w_g \\ q_g \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Using the above state space model, the appropriate parameters are given for longitudinal motion.

II. APPLICATION AND RESULTS

Quadrotor will be named zankacopter in this study.

The Zankacopter model to be constructed according to the determined dimensions was drawn in the Solidworks program. The top and side views of the model are as follows.

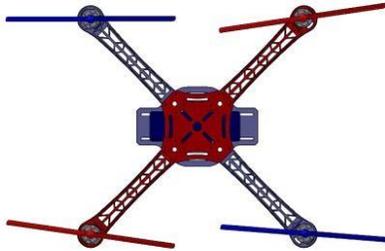


Figure 21: Zankacopter top view



Figure 22: Zankacopter side view

According to the model made, Zankacopter features are listed in the table below.

| ZANKAKOPTE R |
|---------------------------|
| $I_x=28.8 \times 10^{-3}$ |
| $I_y=28.8 \times 10^{-3}$ |
| $I_z=26 \times 10^{-3}$ |
| $m=0.82$ |
| $l=0.22$ |
| $b=1.0741 \times 10^{-7}$ |
| $d=1.8099 \times 10^{-9}$ |
| $C_d=2.6$ |

Table 5: Zankacopter Data

The zankacopter must be given a pitch movement to be able to fly forward. As shown in Figure 10, the head angle must be bent at a certain angle. This angle is achieved by increasing or decreasing the speed of the propeller. In order to the zankacopter to flight forward, the state space model should be given as the U2 value input given in equation 11.

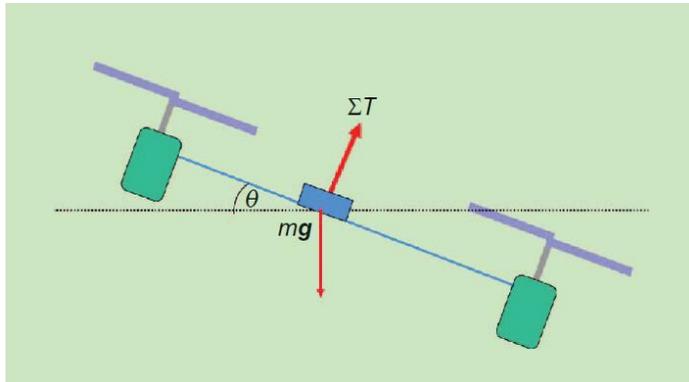


Figure 23: Flight Forward Angle[32]

Zankacopter has a drag motion in the opposite direction of movement when flying forward. This drag force is expressed by the following equation.

$$D = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_d \quad (27)$$

Where ρ is air density, V is zankacopter speed; A is zankacopter surface area and C_d is the drag coefficient.

After calculating D , the zankacopter can be calculated by using the total thrust formula at how many degrees it will move. After finding the angle value, the RPM value that the each propeller must produce for that angle is found by equation 3.

According to Figure 11, each propeller should produce 4447 rpm in case of hover.

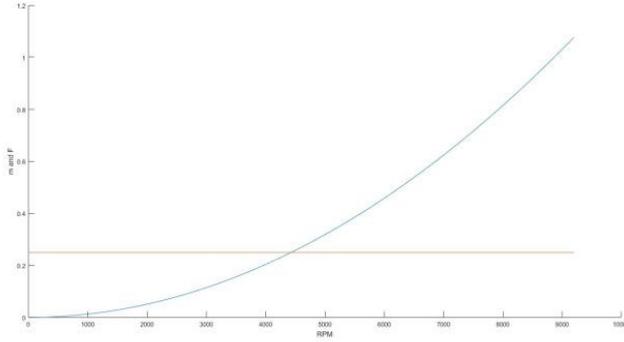


Figure 24: Rpm and Thrust value of each propeller

According to the calculations mentioned above, if the zankacopter moves forward at a speed of 40 km / h (30° pitch angle), the front propellers must reduce the speed by 100 RPM while the rear propellers should increase by 100 RPM. if the zankacopter moves forward at a speed of 30 km / h ($\sim 15^\circ$ pitch angle), the front propellers must reduce the speed by 43 RPM while the rear propellers should increase by 43 RPM.

For front propellers this value is subtracted from the rpm value of the existing hover and applied to the propellers.

$$New_{RPM} = Hover_{RPM} - Forward_{RPM} \quad (28)$$

For rear propellers this value is sum of the rpm value of the existing hover and applied to the propellers.

$$New_{RPM} = Hover_{RPM} + Forward_{RPM} \quad (29)$$

The matrices A, B, C and D required for the Matlab / Simulink state space model are calculated according to the obtained data. The pitching PID and turbulence model are given as input to the state space model as in Figure 12.

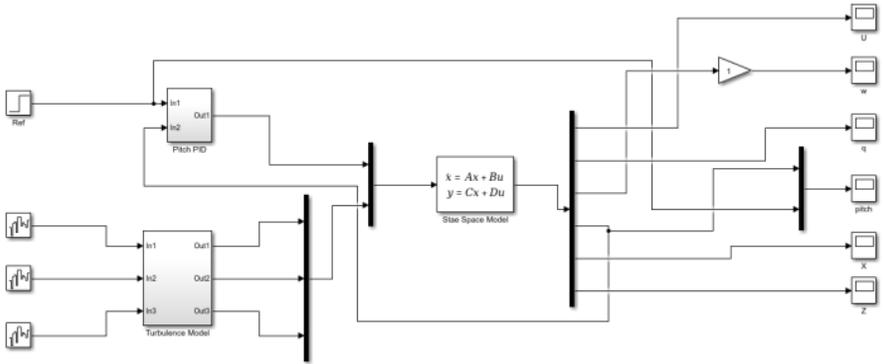


Figure 25: Simulink Model

Using the SPSA algorithm, the PID parameters are calculated as follows.

| P | I | D |
|----|---|----|
| 50 | 5 | 50 |

Table 6: PID Values

According to the obtained data, the quadrotor simulation results are as follows;

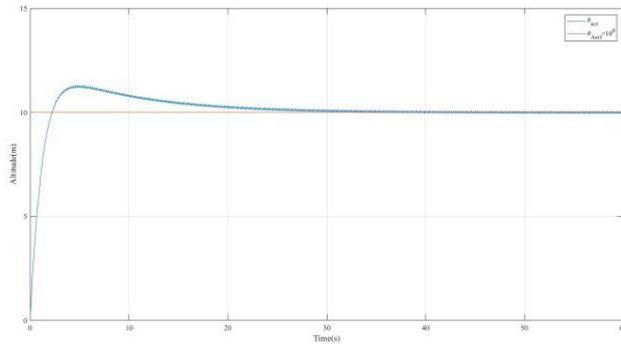


Figure 26: Pitch Value

The values q , w are uncontrolled values.

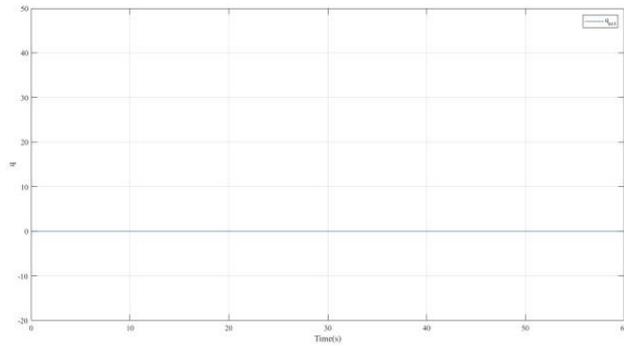


Figure 27: q Value

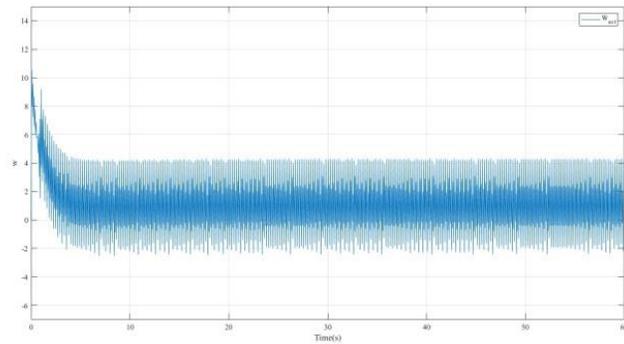


Figure 28: w Value

III.CONCLUSIONS

In this paper, Zankacopter deal with forward flight control. Firstly Zankacopter model was drawn in SolidWorks program. According to the results obtained from the drawing, the Zankacopter linear model was constructed according to the Newton Euler approach. The state space model obtained from the linear model was combined with the turbulence model and transferred to the simulation environment.

The PID algorithm was used to control the zankacopter. The von Karman turbulence model was used for the turbulence model.

The controller that we suggested showed during the forward flight that the zankacopter we developed has successfully controlled the dynamic models in both noise and noiseless environment.

During forward flight, rise time, overshoot, settling time, steady state error which is criteria for design performances were obtained within satisfactory borders.

During forward flight, demanded circle was controlled successfully.

During forward flight, satiation function on the control surface obeyed successfully.

During forward flight, other state variables did not demonstrate catastrophic behavior.

The zankacopter was successfully calculated by the formulas and the simulation of the changes of the propeller speeds according to the speed and the angle, how many degrees the angle will make during the pitching motion, and the results are shown.

REFERENCES

- [1] F. Šolc, "Modelling and Control of a Quadrocopter," *Advanced in Military Technology*, vol. 1, pp. 29-38, 2007.
- [2] H. ÇELİK, T. OKTAY, and İ. TÜRKMEN, "İNSANSIZ KÜÇÜK BİR HAVA ARACININ (ZANKA-I) FARKLI TÜRBÜLANS ORTAMLARINDA MODEL ÖNGÖRÜLÜ KONTROLÜ VE GÜRBÜZLÜK TESTİ," *Journal of Aeronautics & Space Technologies/Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, vol. 9, 2016.
- [3] R. Austin, *Unmanned aircraft systems: UAVS design, development and deployment* vol. 54: John Wiley & Sons, 2011.
- [4] M. Schwager, B. J. Julian, M. Angermann, and D. Rus, "Eyes in the sky: Decentralized control for the deployment of robotic camera networks," *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, pp. 1541-1561, 2011.
- [5] G. Hoffmann, S. Waslander, and C. Tomlin, "Distributed cooperative search using information-theoretic costs for particle filters, with quadrotor applications," in *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit*, 2006, p. 6576.
- [6] N. Michael, S. Shen, K. Mohta, Y. Mulgaonkar, V. Kumar, K. Nagatani, et al., "Collaborative mapping of an earthquake-damaged building via ground and aerial robots," *Journal of Field Robotics*, vol. 29, pp. 832-841, 2012.
- [7] G. Hoffmann, D. G. Rajnarayan, S. L. Waslander, D. Dostal, J. S. Jang, and C. J. Tomlin, "The Stanford testbed of autonomous rotorcraft for multi agent control (STARMAC)," in *Digital Avionics Systems Conference*, 2004. DASC 04. The 23rd, 2004, pp. 12. E. 4-121.
- [8] J. P. How, B. BEHREKE, A. Frank, D. Dale, and J. Vian, "Real-time indoor autonomous vehicle test environment," *IEEE control systems*, vol. 28, pp. 51-64, 2008.
- [9] J. A. Guerrero and R. Lozano, "UAV Flight formation control," ed: John Wiley-ISTE, 2012.

- [10] B. Yüksek, "Sabit Kanatlı Bir İnsansız Hava Aracının Modellenmesi Ve Kontrolü," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [11] T. Tengis and A. Batmunkh, "State feedback control simulation of quadcopter model," in Strategic Technology (IFOST), 2016 11th International Forum on, 2016, pp. 553-557.
- [12] M. QASIM, "Attitude control for a quadrotor helicopter," 2013.
- [13] S. C. Quebe, "Modeling, Parameter Estimation, and Navigation of Indoor Quadrotor Robots," 2013.
- [14] I. Sonnevend, "Analysis and model based control of a quadrotor helicopter," BSc Diploma work, Péter Pázmány Catholic University, Faculty of Information Technology, Budapest, Hungary (supervisor: G. Szederkényi) MSc Diploma work, 2010.
- [15] G. Ononiwu, O. Onojo, O. Ozioko, and O. Nosiri, "Quadcopter Design for Payload Delivery," Journal of Computer and Communications, vol. 4, pp. 1-12, 2016.
- [16] V. Praveen and S. Pillai, "A., "Modeling and simulation of quadcopter using PID controller", International Journal of Control Theory and Applications, vol. 9, pp. 7151-7158, 2016.
- [17] A. Alkamachi and E. Erçelebi, "Modelling and genetic algorithm based-PID control of H-shaped racing quadcopter," Arabian Journal for Science and Engineering, vol. 42, pp. 2777-2786, 2017.
- [18] J. Li and Y. Li, "Dynamic analysis and PID control for a quadrotor," in Mechatronics and Automation (ICMA), 2011 International Conference on, 2011, pp. 573-578.
- [19] Z. Mustapa and S. Saat, "Autonomous Attitude Control of a Quadcopter Unmanned Aerial Vehicle (UAV)," Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC), vol. 7, pp. 153-160, 2015.
- [20] M. H. Tanveer, S. F. Ahmed, D. Hazry, M. K. Joyo, and F. A. Warsi, "Disturbance and noise rejection controller design for smooth takeoff/landing and altitude stabilization of quad-rotor," J. Appl. Sci. Res, vol. 5, pp. 3316-3327, 2013.

- [21] Z. Benić, P. Piljek, and D. Kotarski, "Mathematical modelling of unmanned aerial vehicles with four rotors," *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, vol. 14, pp. 88-100, 2016.
- [22] A. Marks, J. F. Whidborne, and I. Yamamoto, "Control allocation for fault tolerant control of a VTOL octorotor," in *Control (CONTROL)*, 2012 UKACC International Conference on, 2012, pp. 357-362.
- [23] G. Staples, "Propeller Static & Dynamic Thrust Calculation," ed, 2015.
- [24] F. Sabatino, "Quadrotor control: modeling, nonlinear control design, and simulation," ed, 2015.
- [25] J. M. B. Domingues, "Quadrotor prototype," Universidade Tecnica de Lisboa. Dissertacio, 2009.
- [26] T. Bresciani, "Modelling, identification and control of a quadrotor helicopter," MSc Theses, 2008.
- [27] P. Akyol, "Disturbance rejection and attitude control of quadrotor with log," Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017.
- [28] B. L. Stevens, F. L. Lewis, and E. N. Johnson, *Aircraft control and simulation: dynamics, controls design, and autonomous systems*: John Wiley & Sons, 2015.
- [29] K. Alexis, G. Nikolakopoulos, and A. Tzes, "Constrained-control of a quadrotor helicopter for trajectory tracking under wind-gust disturbances," in *MELECON 2010-2010 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference*, 2010, pp. 1411-1416.
- [30] U.-L. LY and Y. Chan, "Time-domain computation of aircraft gust covariance matrices," in *6th Atmospheric Flight Mechanics Conference*, 1980, p. 1615.
- [31] J. C. Spall, "An overview of the simultaneous perturbation method for efficient optimization," *Johns Hopkins apl technical digest*, vol. 19, pp. 482-492, 1998.
- [32] D. Abeywardena, S. Kodagoda, G. Dissanayake, and R. Munasinghe, "Improved state estimation in quadrotor MAVs: A novel drift-free velocity estimator," *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 20, pp. 32-39, 2013.

EFFECT OF BLOWER LOCATION AND RADIUS ON LATERAL FLIGHT CONTROL SYSTEM OF UAVs

Ozturk Ozdemir KANAT & Tugrul OKTAY

Introduction

In recent years, unmanned aerial vehicles have become increasingly popular in many areas of life, both for business and regular life, as well as for military purposes. The reason for this increase in demand is that it has more advantages than other air vehicles. The fact that the pilot life is not riskier in the military operations and the production and operation costs are very low can be shown among the advantages of the UAVs compared to other air vehicles. In short, in our daily lives, in a film set, in border security of countries, for intelligence purposes and in agricultural medicine, the UAVs are great importance to fix many needs. For more application examples, [1] can be examined. Studies related to design and control of UAVs have been examined and literature survey has been performed (e.g. [2]-[5]).

The purpose of this study is to improve the flight performance of UAVs in many areas of our life. Studies for this purpose were examined and minor parameter changes could result in visible improvements in the autonomous performance of the aircraft [6-8]. Thus, in this study, the reduction of the cost function and the lateral automatic performance maximization of ZANKA-IIB (B refers to blowing) are considered to be improved by active flow control of the air flow on the wings. The active flow control with the PID-based hierarchical autopilot system is designed simultaneously to improve lateral performance. P, I, D parameters in order to minimize a cost function consisting of performance parameters, i.e. maximum overshoot, settling time and rise time during trajectory tracking.

Flow control can be described as an alteration in order to improve the efficiency and performance of a fluid's direction. The flow control method, which can not be implemented as a variable (it is fixed) method for directing a flow, is called the passive flow control method; the control method which is variable in the controllability of the fluid at any time is called active flow control. An external energy source is not required in the passive control method, but an external energy source is essential in the active control method. The active control method has two important advantages according to the passive control method. These are: providing the controllability of the flow with small energy outputs and the energy position and the amount can be changed according to the needs. Flow control studies were carried out in the literature with the aim of reducing the drag force caused by the external flow, especially by the active and passive flow control method in aviation [9,10]. The basic principle of the

active control method is to intervene in the flow by sending energy to the external energy source. By blowing compressed air, we tried to reduce the vortex caused by the pressure difference between the lower and upper surfaces of the wing, that increases the cost function which is related to the flow control of our work so designed to the 4 circular areas on the wing. At the same time, evaluations were made on the aerodynamic changes that these will occur during the flight of ZANKA-IIB. Table 1 gives information about ZANKA-IIB' s data.

Table 1. Data of the ZANKA-IIB

| Wing | Span | Chord | Max. Thickness | Mass | Materials |
|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|---|-----------------------------------|
| | =160 cm | =25 cm | =36.57 mm | =612.0 gr | Styrofoam, Balsa, Carbon |
| Horizontal Tail | Span | Chord | Max. Thickness | Mass | Materials |
| | =40 cm | =25 cm | =36.57 mm | =154.7 gr | Styrofoam, Balsa, Carbon |
| Vertical Tail | Height | Length(-Rudder) | Length(+Rudder) | Mass | Materials |
| | =26.84 cm | =19.95 cm | =25 cm | =30.0 gr | Styrofoam, Balsa |
| Fuselage | Length | Max. Height | Max. Width | Mass | Materials |
| | =113.5 cm | =21.85 cm | =20.59 cm | =4491.5 gr (full) =1491.5 gr (empty) | Styrofoam, Balsa, Carbon, Plywood |

Material And Method

Some variables were used to achieve optimum efficiency as a result of the application of one of the active flow control methods of the blowing on ZANKA-IIB. These variables are: the radius of the blowing zones designed to be circular and symmetrically 2 for each wing, the position relative to the wing leading edge, and finally the blowing pressure. Using these variables, the configurations in Table 2 were obtained and numerical analyzes were performed with Fluent, a computational fluid dynamics (CFD) program. The R_i symbol in the configuration names refers to the radius, C_j refers to the location which is according to wing chord line and P_k refers to variables in pressure magnitude.

Table 2. Configurations

| Variables | Radius of blower (meter) | x/c (x is location of the blower and c refers to chord) | Pressure magnitude of the blower (pascal) |
|-----------------------------|--------------------------|---|---|
| $R_i C_j P_k$ | - | - | - |
| $R_{i1} C_{j1}$ P_{k1} | R=0,04 | x/c=0,6 | 10 000 |
| $R_{i2} C_{j2}$ P_{k2} | R=0,04 | x/c=0,6 | 25 000 |
| $R_{i3} C_{j3}$ P_{k3} | R=0,06 | x/c=0,6 | 10 000 |
| $R_{i4} C_{j4}$ P_{k4} | R=0,06 | x/c=0,6 | 25 000 |
| $R_{i5} C_{j5}$ P_{k5} | R=0,04 | x/c=0,7 | 10 000 |
| $R_{i6} C_{j6}$ P_{k6} | R=0,04 | x/c=0,7 | 25 000 |
| $R_{i7} C_{j7}$ P_{k7} | R=0,06 | x/c=0,7 | 10 000 |
| $R_{i8} C_{j8}$ P_{k8} | R=0,06 | x/c=0,7 | 25 000 |

The $R_i C_j P_k$ configuration is a simple form of ZANKA-IIB, the analysis first being made according to this situation, and the results of the subsequent analysis are compared with these configuration results. Figure 1 shows the blower locations on the wing.

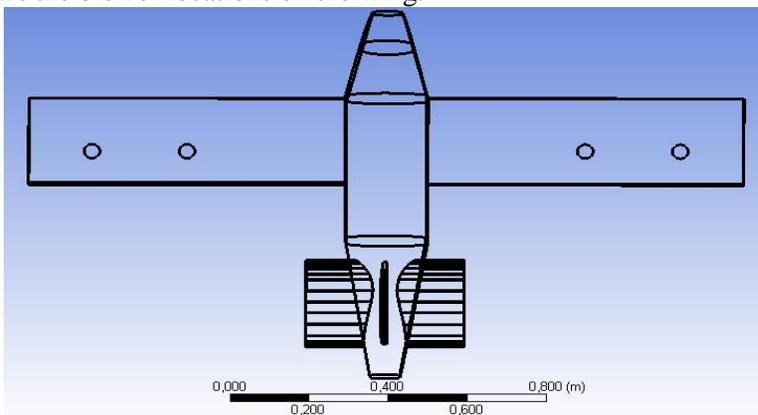


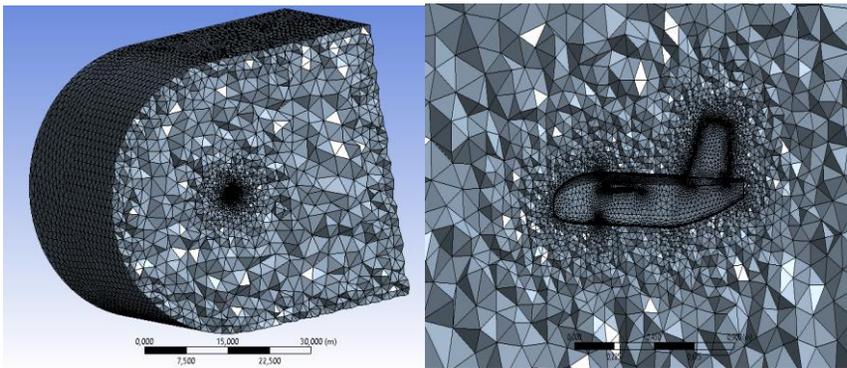
Figure 1. Blower locations

For numerical analysis with fluent, ZANKA-IIB, which was first drawn, was introduced to the program and the calculation area was determined in the geometry section. When determining the calculation

area, we observed the independence of the analysis results from the boundary layers. Then independence is another element that needs to be created and different numbers for structures in which the mesh structure is as in Table 3, it has been concluded that the optimum values. Other analyses were carried out based on these mesh values. The optimum mesh structure is as shown in Figure 2.

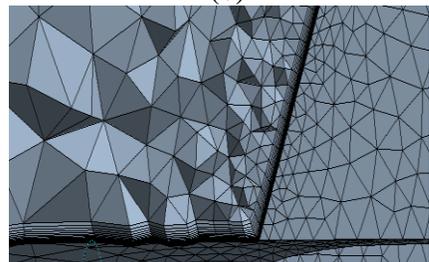
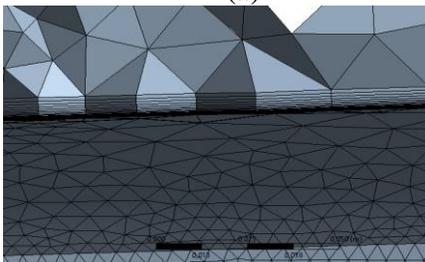
Table 3. Mesh properties

| Property | Magnitude |
|------------------------|------------------------------------|
| Minimum Element Size | 0.005 m |
| Proximity Minimum Size | 0.005 m |
| Maximum Size | 1.6 m |
| Maximum Face Size | 3.20 m |
| Growth Rate | 1.20 |
| Curvature Normal Angle | 18° |
| Mesh Method | Hybrid (Structured mesh-inflation) |
| Mesh Number | 2 929 458 |



(a)

(b)



(c)

(d)

Figure 2. Optimum mesh structures

Considering that ZANKA-IIB flows to the Fluent Program at an altitude of 100 feet after the independence from the mesh, the ambient conditions such as Table 4 are defined and $k-\omega$ SST was chosen as the solution model. The flow rate was set at 17 m/s [11,12].

Table 4. Fluid properties

| Fluid Propertie | Value |
|------------------|-------------------------|
| ρ (Density) | 1.213 kg/m ³ |
| T (Temperature) | 287 K |
| P (Pressure) | 100130 N/m ² |

Numerical analysis shows that for each configuration, there are 10 different angle of attack (i.e. -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12) and 2000 iterations for each angle of attack and so 180 000 iterations were performed. This means to approximately 720 000 hours of computerized numerical analysis. E_{max} (refers to maximum lift/drag ratio) values were calculated using the values of the lift (C_L) and drag (C_D) coefficients obtained as a result of the analyzes and the effect on total performance was assessed as blowing [13].

$$E_{max} = \frac{1}{2 \sqrt{K \times C_{D_0}}} \quad (1)$$

The linearized state-space model of the lateral flight control system of a UAV with a fixed wing is given in equation 2 after analysis of the active flow control [14-17].

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_{ia} \\ \Delta\beta \\ \Delta\dot{\psi} \\ \Delta\dot{\psi} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{Y_\beta}{u_0} & \frac{Y_p}{u_0} & -(1-\frac{Y_r}{u_0}) & -\frac{g}{u_0} \cos(\theta_0) & 0 \\ L_\beta^* + \frac{I_{xz}}{I_{xx}} N_\beta^* & L_p^* + \frac{I_{xz}}{I_{xx}} N_p^* & L_r^* + \frac{I_{xz}}{I_{xx}} N_r^* & 0 & 0 \\ N_v^* + \frac{I_{xz}}{I_{zz}} L_v^* & N_p^* + \frac{I_{xz}}{I_{zz}} L_p^* & N_r^* + \frac{I_{xz}}{I_{zz}} L_r^* & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sec(\theta_0) & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{A_{ia}} \begin{bmatrix} x_{ia} \\ \Delta\beta \\ \Delta\dot{\psi} \\ \Delta\dot{\psi} \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & \frac{Y_{\delta_a}}{u_0} \\ L_{\delta_a}^* + \frac{I_{xz}}{I_{xx}} N_{\delta_a}^* & L_{\delta_r}^* + \frac{I_{xz}}{I_{xx}} N_{\delta_r}^* \\ N_{\delta_a}^* + \frac{I_{xz}}{I_{zz}} L_{\delta_a}^* & N_{\delta_r}^* + \frac{I_{xz}}{I_{zz}} L_{\delta_r}^* \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}}_{B_{ia}} \begin{bmatrix} u_{ia} \\ \Delta\delta_a \\ \Delta\delta_r \end{bmatrix}$$

The information about the lateral flight dynamic modes is given in figure 3.

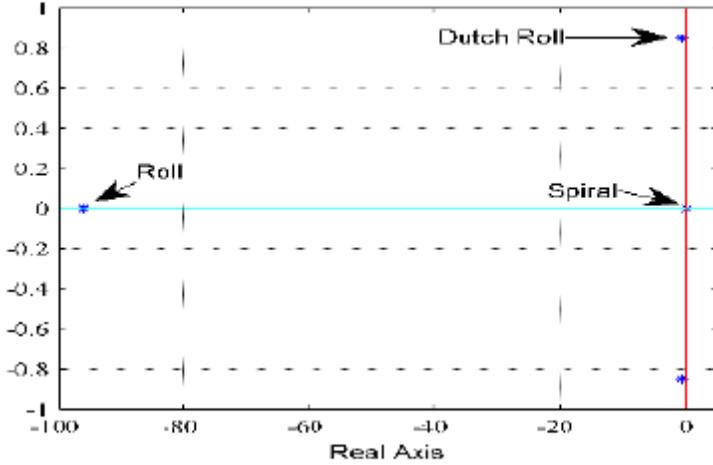


Figure 3. Lateral flight dynamic modes

[18-20] as mentioned, it is understood that the above flight dynamic modes are similar in quality and quantity. The parametric lateral state-space model used when our UAV is exposed to any sudden wind during the flight is included in equation 3. Also von-Karman turbulence modeling was used [21].

$$\dot{\mathbf{x}}_a = \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{Y_\beta}{l_b} & \frac{Y_p}{l_b} & -(1-\frac{Y_r}{l_b}) & \frac{g}{l_b} \cos(\theta) \\ l_b & l_b & l_b & l_b \\ \frac{L_\beta^* + \frac{I_{xz}^*}{I_{xx}} N_\beta^*}{I_{xx}} & \frac{L_p^* + \frac{I_{xz}^*}{I_{xx}} N_p^*}{I_{xx}} & \frac{L_r^* + \frac{I_{xz}^*}{I_{xx}} N_r^*}{I_{xx}} & 0 \\ N_v^* + \frac{I_{xz}^*}{I_z} L_v^* & N_p^* + \frac{I_{xz}^*}{I_z} L_p^* & N_r^* + \frac{I_{xz}^*}{I_z} L_r^* & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{A_a} \mathbf{x}_a + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & \frac{Y_\phi}{l_b} \\ \frac{L_\phi^* + \frac{I_{xz}^*}{I_{xx}} N_\phi^*}{I_{xx}} & \frac{L_\phi^* + \frac{I_{xz}^*}{I_{xx}} N_\phi^*}{I_{xx}} \\ N_\delta^* + \frac{I_{xz}^*}{I_z} L_\delta^* & N_\phi^* + \frac{I_{xz}^*}{I_z} L_\phi^* \\ 0 & 0 \end{bmatrix}}_{B_a} \mathbf{u}_a + \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{Y_\beta}{l_b} & 0 & 0 \\ l_b & l_b & l_b \\ -\frac{L_\beta^* + \frac{I_{xz}^*}{I_{xx}} N_\beta^*}{I_{xx}} & -\frac{L_p^* + \frac{I_{xz}^*}{I_{xx}} N_p^*}{I_{xx}} & -\frac{L_r^* + \frac{I_{xz}^*}{I_{xx}} N_r^*}{I_{xx}} \\ -\frac{N_v^* + \frac{I_{xz}^*}{I_z} L_v^*}{I_z} & -\frac{N_p^* + \frac{I_{xz}^*}{I_z} L_p^*}{I_z} & -\frac{N_r^* + \frac{I_{xz}^*}{I_z} L_r^*}{I_z} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{B_{vga}} \mathbf{u}_{vga}$$

In this theoretical study, traditional PID based hierarchical autopilot system was preferred [22,23]. It uses three layers PID controller as seen in Fig. 4 to accomplish waypoint navigation.

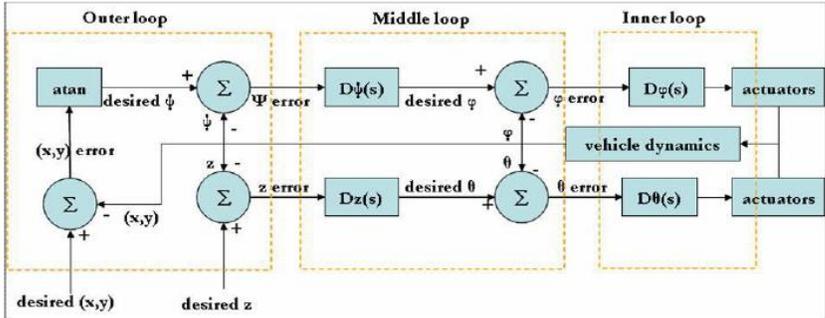


Figure 4. Hierarchical autopilot system [22]

Figure 5 shows the PID-based hierarchical autopilot system in more detail.

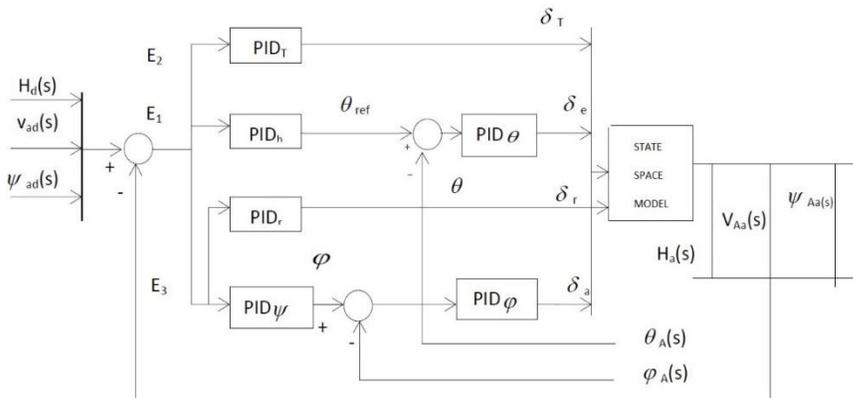


Figure 5. PID based autopilot structure

Most PID based autopilot systems consist of height, yaw angle and velocity tracking. These include 6 P-I-D controls and outer; middle; inner layers are 3 layers. Autopilot users will have to adjust a total of 18 variables, 6 for each controller, to get the best efficiency. In addition to these, it is necessary to consider 3 variables, pressure, radius and location in this study.

An optimization method, SPSA (Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation), has been applied to improve the autopilot performance of ZANKA-IIB with active flow control. This method was used in 1987 by Prof. Dr. James Spall has developed and is listed in the literature briefly as SPSA optimization method. Briefly, the SPSA is a step-by-step change to the values from which the objective function will be minimized from the initial estimated values of the adjustable parameters. The autopilot system of our aircraft depends on PID and other parameters of the aircraft. In order for these variables to reach optimal values, system responses such as rise and settling time and maximum overshoot are determined. The cost and target functions are expressed as function of rise and settling times and overshoot values and are symbolized by J .

$$J = \sum g(T_{st}, T_{st_u}, \%OS)$$

The optimum values of the parameters that can be set by executing the prediction correspond to the minimum values of the parameter or target function that gives the derivative of the target function zero. As a result, the most appropriate value for our system the desired target function is the smallest value and it is the desired value to be obtained by optimization.

The SPSA Optimization Method has also been used in similar complex optimization problems ([3], [4], [24]). This method is also economical because it requires calculating the gradient of the objective function only twice. However, this method is also successful in constrained optimization problems ([3], [4]). Another important feature is that it is a prediction-based method, so it has a natural random so that it can find the best result in a few steps without sticking to a single point. In this method, the vector of the x optimization variables, if $x_{[k]}$ is the x value computed in the k ' th;

$$x_{[k+1]} = x_{[k]} - a_k g_{[k]} \quad (4)$$

A descending order of $g_{[k]}$ with $x_{[k]}$ is the slope calculation of the obtained data, and $a_{[k]}$ is a decreasing sequence of positive numbers. To be able to do this computation, we have a vector of p , which contains zero mean independent random variables, $\{\Delta_{[k]1} \Delta_{[k]2} \dots \Delta_{[k]p}\}$ p , which satisfy $\Delta_{[k]i} \in R^p$ [25,26]. In this situation;

$$g_k = \left[\frac{\Gamma_+ - \Gamma_-}{2d_k \Delta_{[k]1}} \dots \frac{\Gamma_+ - \Gamma_-}{2d_k \Delta_{[k]p}} \right]^T \quad (5)$$

it can be obtained. Here Γ_+ and Γ_- respectively are the account of the target at the points $x_{[k]} + d \Delta_{[k]}$ ve $x_{[k]} - d \Delta_{[k]}$. In our study, in addition to these criteria of the SPSA, $x_{i \min} \leq x_i \leq x_{i \max}$ is constrained. With this restriction, an extra solution range is provided. Using the reference [25], the selection of the d_k and a_k sequences is done as in equations 6 and 7.

$$d_k = \min \left\{ d / k^\ominus, 0.95 \min_i \left\{ \min\{\eta_{l_i}\}, \min\{\eta_{u_i}\} \right\} \right\} \quad (6)$$

In here η_l and η_u are the vectors of the components for all positive $\Delta_{[k]i}$, $(x_{[k]i} - x_{\min i}) / \Delta_{[k]i}$ and for all negative $\Delta_{[k]i}$, $(x_{i \max} - x_{[k]i}) / \Delta_{[k]i}$.

$$a_k = \min \left\{ a / (S+k)^\lambda, 0.95 \min_i \left\{ \min(\mu_{l_i}), \min(\mu_{u_i}) \right\} \right\} \quad (7)$$

In here μ_l and μ_u are respectively are the vectors of the components for all positive $g_{[k]i}$, $(x_{[k]i} - x_{\min i}) / g_{[k]i}$ and for all negative $g_{[k]i}$, $(x_{i \max} - x_{[k]i}) / g_{[k]i}$.

Results And Discussion

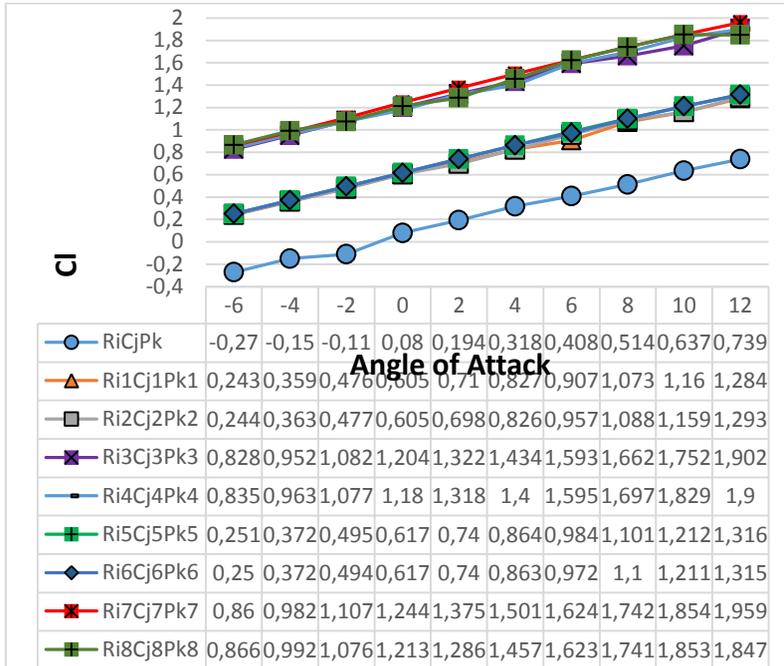


Figure 6. C_L coefficient values for each angle of attack of all configurations

According to Fig. 6 $R_iC_jP_k$'s lift coefficient value appears to be the lowest in all angle of attack when compared to all other configurations. As expected with the increase in angle of attack, the increase in the lift coefficient also occurs. It is also noteworthy that the increase in blowing radius is a significant factor in the increase in the lift coefficient. The graphs are grouped according to the lift coefficients of the configurations with the same blowing radius; but it is understood that it shows slight changes in places according to the angle of attack. In the same way, it has been determined that blowing locations cause small variations in the lift coefficient.

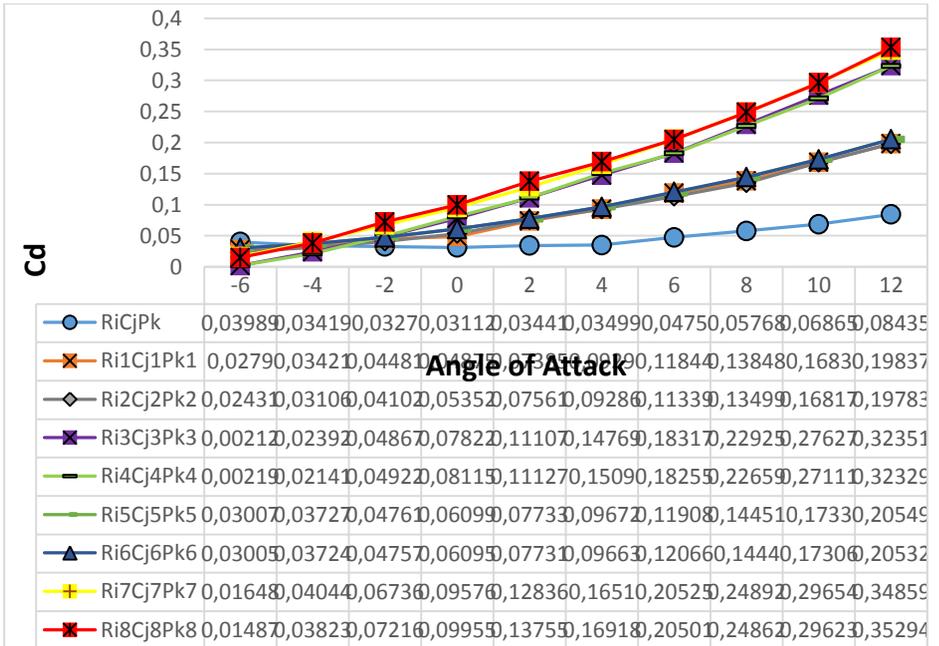


Figure 7. C_D coefficient values for each angle of attack of all configurations

When figure 7 is examined, the best values for the drag coefficient at all angle of attack, except the negative angle of attack, are obtained for the $R_iC_jP_k$ configuration, that is, the simple state of the aircraft. Contrary to the lift coefficient, a situation has occurred. Unlike lift coefficient, it is seen that the increase of the blowing radius and the increase of the pressure cause the drag increase. How the changes in the lift and drag coefficients caused by these parameters are reflected in the total performance is determined by calculating the E_{max} value.

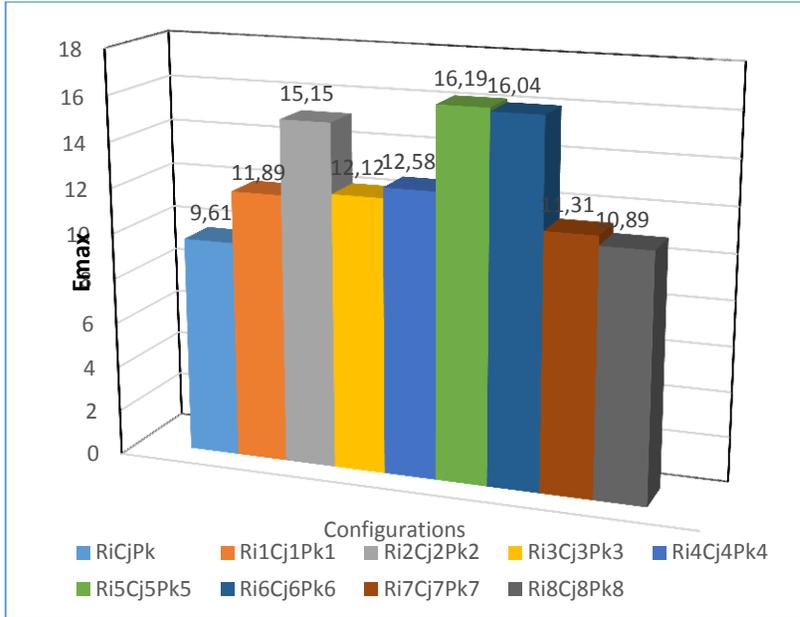


Figure 8. E_{max} values for all configurations

The E_{max} values, which are the common inference of the variation of the drag and lift parameters obtained as a result of the outflow analysis for each configuration, are given in figure 8. The best overall efficient is the highest E_{max} value that can be achieved. It has also been observed that the overall efficient of all the other configurations increases with blowing and flow control.

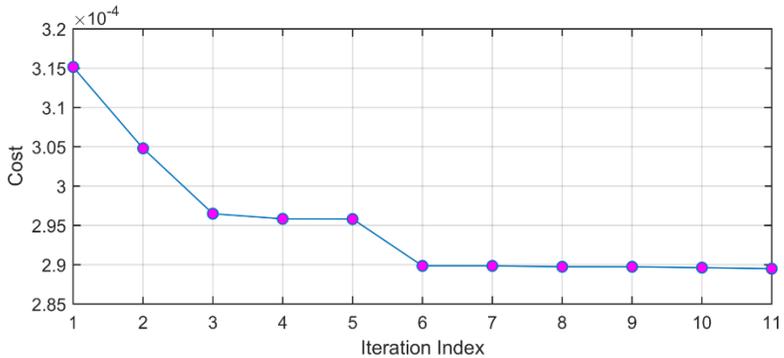


Figure 9. Lateral cost ($R_iC_jP_k$ configuraiton)

The cost variation for each iteration as a result of the optimization using SPSA for the $R_iC_jP_k$ configuration is as shown in Figure 9. It is understood that this is an efficient and fast method for SPSA.

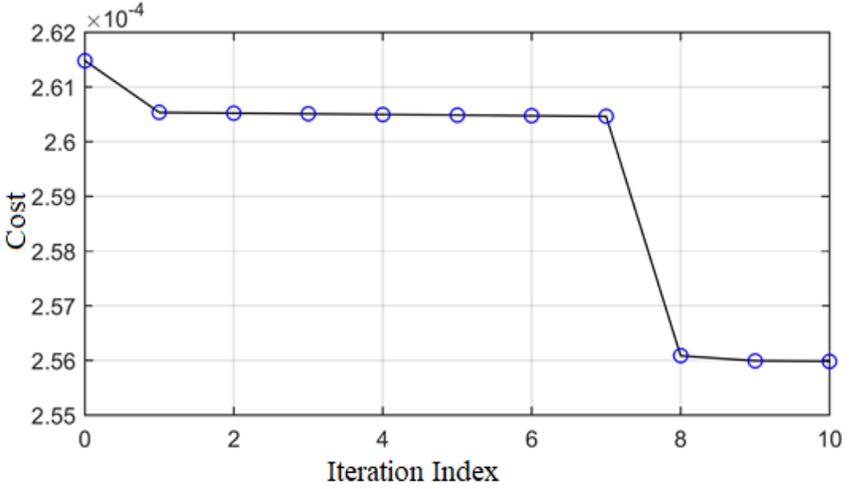


Figure 10. Lateral blown cost result ($R_{i5}C_{j5}P_{k5}$ configuraiton)

The cost analysis for the $R_{i5}C_{j5}P_{k5}$ configuration, in which the highest E_{max} value is obtained, is shown in Figure 10. Simultaneous design resulted in about 10% improvement in rise and settling times and maximum overshoot autonomous performance parameters when compared to the $R_iC_jP_k$ configuration.

Conclusions

As a result, the highest E_{max} value was obtained with the $R_{i5}C_{j5}P_{k5}$ configuration. Whereas $R_iC_jP_k$ configuration, which is ZANKA-IIB' s simple form, E_{max} value is 9,61, $R_{i5}C_{j5}P_{k5}$ configuration result is 16,19. It has been determined that the $R_{i5}C_{j5}P_{k5}$ configuration can increase up to approximately 60% of the total flight performance when compared to the $R_iC_jP_k$ configuration. A simultaneous autopilot system design has been realized with active flow control for ZANKA-IIB. For this purpose, the lateral autonomous flight performance cost index was recalculated according to the highest E_{max} value obtained by active flow control and it was determined that the improvement was about 10%.

Acknowledgment

This work was supported by Research Fund of Erciyes University Scientific Research Projects (BAP) Coordination Unit under Project Number: FDK-2018-7861

References

- 1] [Austin, R. 2010. Unmanned aircraft systems. Wiley.
- 2] [Dink, Y., Liu, Y. C., and Hsiao, F. B. The application of extended Kalman filtering to autonomous formation flight of small UAV system. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*. 1(2), 154-186.
- 3] [Drak, A., Hejase, M., ElShorbagy, M., Wahyudie, A., & Noura, H. 2014. Autonomous Formation Flight Algorithm and Platform for Quadrotor UAVs. *International Journal of Robotics and Mechatronics*. 1(4), 124-132.
- 4] [Luca De Filippis, Giorgio Guglieri, Fulvia B. Quagliotti. 2014. A novel approach for trajectory tracking of UAVs. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal*. 86 (3), 198 – 206.
- 5] [Hadi, G., Varianto, R., Trilaksono, B., and Budiyo, A. 2014. Autonomous UAV System Development for Payload Dropping Mission. *Journal of Instrumentation, Automation, and Systems*. 1(2), 72-77.
- 6] [Krog, L., Tucker, A., Kemp, M., and Boyd, R. 2004. Topology Optimization of Aircraft Wing Box Ribs. Paper presented at 10th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference. Albany, New York, USA.
- 7] [Park, K., Han, J. W., Lim, H. J., Kim, B. S. and Lee, J. 2008. Optimal Design of Airfoil with High Aspect Ratio in Unmanned Aerial Vehicles. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 2 (4), 171- 177.
- 8] [Qun, W. and Hong-quang, J. 2011. Optimal design of UAV's pod shape. Paper presented at International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging: Advances in Infrared Imaging and Applications Beijing, China.
- 9] [Oktay, T., Kanat, O.O. A Review of Aerodynamic Active Flow Control, 8th International Advanced Technologies Symposium (IATS'17), October 19-21, 2017, Elazığ, Turkey.
- 10] [Oktay, T., Uzun, M., and Kanat, O.O. Improvement of Wingtip Vortex With Active Flow Control Technique, 2th International Defense Industry Symposium (IDEFIS 2017), Kırıkkale, Turkey, April 6-8, 2017
- 11] [Ansys Fluent Theory Guide, 2013.
- 12] [Kanat, O. O., Korpe, D. S. ve Kurban, A. O., (2017). Yatay Kuyruklarda Kivirik Kanat Ucu Kullanımının Aerodinamik

Etkileri, Journal of Aviation, 1(2), 87-98.

- [13] Oktay, T., Kanat O.O. and Ceyhan, A. Improvement of Wingtip Vortices with Active Flow Controller Having Several Blowing Points, 8th International Advanced Technologies Symposium (IATS'17), October 19-21, 2017, Elazığ, Turkey.
- [14] Nelson, R. C. 2007. Flight Stability and Automatic Control. 2nd ed., McGraw-Hill, New York, chapters 2-6.
- [15] Oktay T., Konar M., Abdallah Mohamed M., Aydin M., Şal F., Onay M., et al., "Autonomous Flight Performance Improvement of Load-Carrying Unmanned Aerial Vehicles by Active Morphing", International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, vol.10, no.1, pp.123-132, 2016
- [16] Oktay T., Çoban S. , "Simultaneous Longitudinal and Lateral Flight Control Systems Design For Both Passive and Active Morphing TUAVs ", Elektronik İr Elektroteknika, vol.23, no.5, pp.15-20, 2017
- [17] Oktay T., Konar M., Onay M., Aydin M., Abdallah Mohamed M., "Simultaneous Small UAV and Autopilot System Design", Aircraft Engineering And Aerospace Technology, vol.88, no.6, pp. 818-834, 2016.
- [18] Zagi-The original R/C EPP foam wing homepage (2015), <http://www.zagi.com>.
- [19] Vural, S. Y. and Hajiyev, C. 2008. Autopilot system design for a small unmanned aerial vehicle. MS thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.
- [20] Jeni, S. D. and Budiyo, A. 2006. Automatic Flight Control System”, Lecture notes for Malaysian Institute of Aviation Technology.
- [21] U.S. Military Handbook MIL-HDBK-1797, 1997.
- [22] Chao, H., Cao, Y., and Chen, Y. Q. 2007. Autopilots for Small Fixed- Wing Unmanned Aerial Vehicles: A Survey. Paper presented at IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Harbin, China.
- [23] Jang, J. S., Liccardo, D. 2006. Automation of small UAVs using a low cost mems sensor and embedded computing platform.
- [24] Grigoriadis, K. M., Carpenter, M. J. Zhu, G., and Skelton, R. E. 1993. Optimal Redesign of Linear Systems. Paper presented at Proceedings of the American Control Conference,

San Francisco, CA.

- [25] Wang, I. J., & Spall, J. C. (2003, December). Stochastic optimization with inequality constraints using simultaneous perturbations and penalty functions. In Decision and Control, 2003. Proceedings . 42 nd TEEE Conference on (Vol. 4, pp. 3808-3813). IEEE.
- [26] Sadegh, P. and Spall, J. C. (1998), “Optimal random perturbations for multivariable stochastic approximation using a simultaneous perturbation gradient approximation”, IEEE Transactions on Automatic Control, 43(10), pp. 1480-1484.

Biography **Tugrul OKTAY**



Associate Professor Dr.

Erciyes University, Havacilik ve Uzay Bilimleri Fakultesi, Melikgazi, Kayseri, 38039, Turkey.

tugruloktay52@gmail.com 905335186324

Tugrul Oktay received an MS in Aeronautical and Astronautical Engineering from Istanbul Technical University (2009) and a PhD for Aerospace Engineering from the Aerospace and Ocean Engineering Department at Virginia Tech (2012). He had scholarship from Ministry of National Education, Republic of Turkey. His main research areas are unmanned aerial vehicles (UAVs), autopilot systems, constrained modern control techniques (e.g. variance constrained control, model predictive control, Hinf control) and stochastic optimization methods (e.g. simultaneous perturbation stochastic approximation). He is also interested in developing sophisticated, control-oriented, physics-based helicopter models. He has more than 50 published research articles about aerospace engineering. He is currently Associate Professor with the Faculty of Aeronautics and Astronautics, Aeronautical Engineering, Erciyes University.

Ozturk Ozdemir KANAT, Corresponding Author



Research Assistant

Kastamonu University, Sivil Havacilik Yuksekokulu, Kuzeykent, Kastamonu, 37150, Turkey.

ozturkkanat@gmail.com 905512209693

Ozturk Ozdemir Kanat received an MS in Civil Aviation from Erciyes University (2016) and still a PhD candidate at same department and university since September, 2016. His main research areas are unmanned aerial vehicles (UAVs), autopilot systems, external flows, and active flow control techniques (e.g. outflow, blowing). He is currently Research Assistant for Department of Airframe and Powerplant at Civil Aviation High School, Kastamonu University. Ozturk Ozdemir Kanat is the corresponding author and can be contacted at: ozturkkanat@gmail.com

HAVA ARAÇLARINDA SCADA KONTROLLÜ STALL UYARI SİSTEMİNİN TASARIMI

The Design of SCADA Controlled Stall Warning System on Aircrafts

Mehmet KONAR* & Furkan İŞBİLEN**

1. Giriş

İnsanlar ulaşım için kara, deniz ve hava taşıtlarını kullanmaktadırlar. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte gelişen taşıtlar ile ulaşım süreleri azalmıştır. Özellikle hava taşıtları ulaşım süresinde insanlara büyük kolaylıklar sağlamıştır. Hava taşımacılığı için süreyle birlikte uçuş güvenliği de en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Güvenli ve konforlu bir uçuş gerçekleştirebilmesinde uçuşun her safhası ayrı bir öneme sahiptir. Bu safhaların güvenli şekilde tamamlanması için dikkat edilmesi gereken faktörlerin biri de uçuş esnasında uçağın havada tutulmasının optimum olarak sağlanmasıdır. Uçakların havada tutunma kaybına uğraması olayı stall olarak adlandırılmaktadır. Uçakların stall'a girmesi durumunda uçak üzerindeki sistemler tarafından uçuş mürettebatı uyarılmaktadır (Zalovcik, J. A., 1952).

Stall olayının oluşması esnasında ortam şartlarına bağlı olarak hava akışı, uçağın hızı ve hücum açısı gibi faktörler önemli rol oynamaktadır. Bu önemli faktörlerin sistemler tarafından hızlı bir şekilde hesaplanarak belirlenmesi ve uçuş mürettebatına hızlıca iletilmesi gerekmektedir. Stall durumunun uçuş güvenliğine olan önemi dikkate alınarak bu konunun irdelenmesi ve alternatif yöntemlerin sağlayacağı katkıların göz ardı edilmemesi gerekmektedir (Gertsen, W.M. and Hawkins, J. D., 1994).

Bu çalışmada uçuş güvenliğini önemli derecede etkileyen stall uyarı sistemi ele alınmıştır. Çalışmada, uzaktan otomasyon sistemlerinde çokça kullanılan analog kontrolü görüntüleme ve komut verme olanağı sağlayan Omron SCADA ara yüzü, uçuş güvenliği için hayati öneme sahip stall uyarı sistemi (Stall Warning System) ile birleştirilmiş ve böylece uçak kazalarında meydana gelen hacklenme olayına karşı veya stall uyarı sisteminin çalışmadığı durumlara karşı uçuş güvenliğini sağlayacak alternatif bir çözüm sunulmuştur (Yavuz, T. ve Ceyhan, G., 1994).

Çalışmanın ikinci kısmında stall uyarı sistemi sunulmuştur. SCADA ara yüzü üçüncü kısımda verilmiştir. Dördüncü kısımda problemin tanımı yapılarak oluşturulan SCADA ara yüzü modelleme yönteminden kısaca bahsedilmiş ve alternatif model sunulmuştur. Sunulan alternatif model ile ilgili değerlendirmeler ve öneriler sonuçlar bölümünde verilmiştir.

* Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Elektrik-Elektronik Bölümü

** Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivil Havacılık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Öğrencisi

2. Stall Uyarı Sistemi

Güvenli bir uçuşun gerçekleşmesini engelleyen çeşitli faktörler vardır. Bu faktörlerin başında stall faktörü gelmektedir. Stall, uçağın uçmasını sağlayan temel kuvvetlerden en az birinin dengeleyici kuvvetini kaybederek uçağın hava akışına karşı dengesini kaybetmesidir (Skybrary, 2017).

Uçuş esnasında oluşan stall durumlarını iyileştirmek için birçok yöntem geliştirilmiştir. Modern uçaklarda istenmeyen stall durumlarını engellemek amacıyla stall uyarı sistemi ve kurtulma sistemi (avoidance system) kullanılmaktadır. Hücum açısı valfi, elektronik bilgisayar, motor kontrol sarsıcı, tork üretici gibi birçok yardımcı elemanlar stall uyarı sistemi için bilgi kaynağını oluşturmaktadır. Bu sistem elemanlarından oluşan stall uyarı sisteminde tork üretici yardımıyla motor kontrol sarsıcı yürütülür. Hareketli sarsıcı gerekli olan hareketli yüzeyleri hareket ettirerek, gelecekte oluşabilecek istenmeyen hücum açılarına uçağın girmesini engellemiş olur (TTS, 2011).

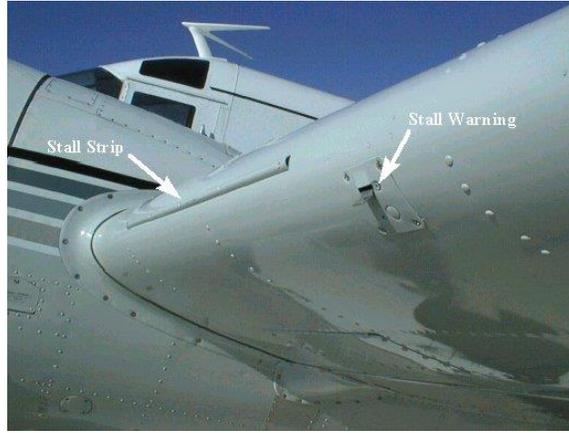
Stall uyarı sisteminin amacı, uçak stall'a girmeden önce pilotu uyardır. Uçağın hücum açısı stall için uygun değere ulaştığında, sistem göstergelerinin yanması ve ilgili uyarı kornasının aynı anda etkileşim haline gelmesiyle uçuş mürettebatı uyarılır. Stall uyarı sistemlerinin birçok çeşidi vardır. Fakat hepsinin ortak amacı, stall olayının hızlı bir şekilde pilotlara iletilmesini sağlamaktır.

Eski uçaklardaki stall uyarı sistemleri sadece hücum açısını etkileyen sarsıcı (shaker), destekleyici (pusher), aktüatör (actuation) elemanlarından oluşmaktaydı. İlerleyen yıllar içinde kontrol valfinin zamana bağlı açısını kontrol eden donanım eklenerek, kanat hücum açısı daha verimli bir şekilde kontrol edilmeye başlanmıştır. Bu durum düşük stall hızlarında tatmin edici sonuçlar alınmasını sağlamıştır. Günümüz modern uçaklarında geliştirilen modifikasyonlarla, stall uyarı sistemlerinin hassasiyeti artırılmış ve hata oranı azalmıştır.

Bazı uçaklar sadece stall uyarı sistemine sahip iken özellikle T kuyruklu uçaklarda stall uyarı sistemi ve tanımlama sistemi vardır. Uçaklarda stall etkisini en aza indirmek veya oluşabilecek tehlikeli durumları önceden bildirmek için çeşitli ekipmanlar geliştirilmektedir. Bazı uçaklar, Washout olarak bilinen kanadın başlangıç kısmında bulunan Aerodinamik Twist'e sahiptir. Washout uçak kanadının hava akışını kontrol ederek stall durumuna karşı uçağın daha iyi kontrol edilmesine yardımcı olur.

Bir diğer kullanılan metot ise kanadın başlangıç kanadında başlayacak düzensiz hava akışını kanadın başka bölgelerine yayarak kanat başlangıcında bulunan küçük Stall Strip aracıdır (Şekil 1). Stall Strip

aracı genellikle uçağa fabrika üretim aşamasında monte edilir. Bazı durumlarda tek bir kanada da mont edilmesine rağmen genellikle uçağın iki kanadına da monte edilebilir.



Şekil 1. Stall ekipmanları

Uçaklarda bulunan bir diğer aerodinamik çözüm ise plastik veya metal şeritlerin kanadın üstünde kanadın başlangıcına yerleştirilerek sınır tabakada birikmiş hava akımının kanadı terk etmesine yardımcı olan Vortex Jeneratör'dür. Vortex jeneratörleri serbest hava akışı ile yüzey tabakada birikmiş hava akımını enerjilendirerek durgun ve hareketli hava akımının karışmasını sağlar. Oluşan karışmış hava kanat ucundaki durgun hava akışının ataletini artırarak, kanat ucunda stall oluşmasını engeller. Bu yöntem ile kanat profili üzerinde biriken hava akımı normal bir şekilde akmaya başlar ve kanat üzerinde durgun havanın birikmesi engellenir.

Stall management yaw dampers, Control column shakers, Elevator feel shift modüle, Stall warning test panel, Angle of attack sensors, Air data inertial reference system, Flap position transmitters, Flap slat electronics unit, Common display system, Mode control panel, Proximity switch electronic unit gibi ekipmanlar direk olarak stall uyarı sistemiyle ilişkili olan ekipman ve sistemlerdir.

3. SCADA

Sanayi devrimiyle birlikte makineleşmenin artışı bir yandan da ardışık otomasyon sistemlerinin artışına neden olmuştur. Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından sonra gelişen ardışık otomasyon sistemlerinin önlenemeyen artışı, kontrolü de zorlaştırmış ve insanları çözüm aramaya sevk etmiştir.

SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition kelimelerinin ilk harflerinden oluşturulmuş bir kısaltma olup, süreçler için gözetleyici denetim ve veri toplama işlemlerini yapan sistemler için kullanılmaktadır Jeff, D. (2005).

SCADA uzaktan otomasyon sistemlerinin görsel olarak (monitoring) kullanıcıya bilgi ve kontrol hakkı sunması açısından birçok alanda kullanılmaktadır (Harima, K., 2000). Havacılık alanında havaalanlarının ışıklandırma sistemlerinde sıklıkla tercih edilmektedir. Bir ara yüz olan SCADA çeşitli araçlar vasıtasıyla diğer ekipmanlara ulaşmakta ve elverişli bir organizasyon haline gelerek sistemi izleme ve kontrol etmeye imkân sağlamaktadır (Stuart, A. B., 2009)

Havacılık alanında özellikle havaalanı ışıklandırma sistemlerinde enerji tasarrufu ve minimum işletme maliyeti hedefleri için kullanılmaktadır. Sistemin röleler yardımıyla (analog) kontrol edilmeye yatkın olmasının mevcut uçak sistemlerinde kullanılan uçak içi sistemlerdeki dijital yöntemle göre daha güvenli olacağını düşünülmesi ile stall uyarı sistemine entegre edilmesinin alternatif bir çözüm olacağı düşünülmüştür. Yukarıda belirtilen stall uyarı sistemini oluşturan komponentlerin elektronik çıkışlarının PLC (Programmable Logic Controller) aracılığıyla değerlendirilip sistem içindeki gerekli komutların verilmesi planlanmaktadır (Rajesh, M. and Vikrant, V., 2016).

4. Sistem Senaryosu

Sistem senaryosunu oluşturan çalışma şartı, gösterilecek değerler ve sistemin çalışması aşağıda sunulmuştur (Boeing, 2005).

Çalışma şartı;

- Uçak motorları çalışmaya başladıktan sonra sistem devreye girer, motorlar kapandıktan sonra sistem devreden çıkar.

Gösterilecek değerler;

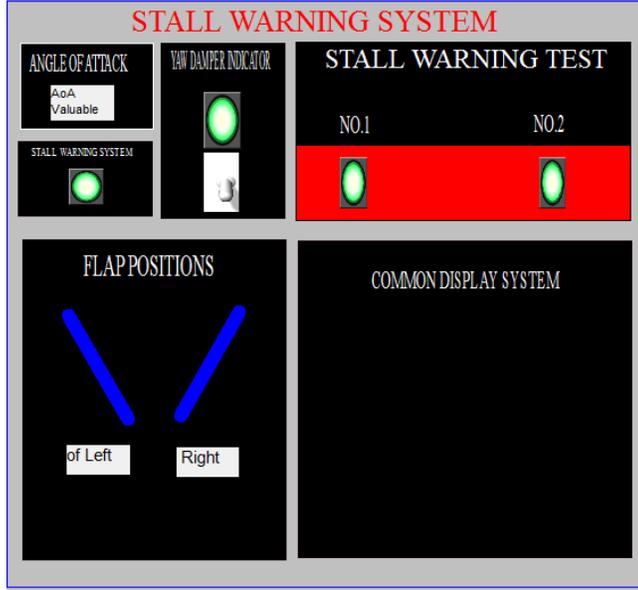
- Angle of attack (AOA), Intake air temperature (IAT), flap-slat ve rudder yüzeyleri

- Stall hız

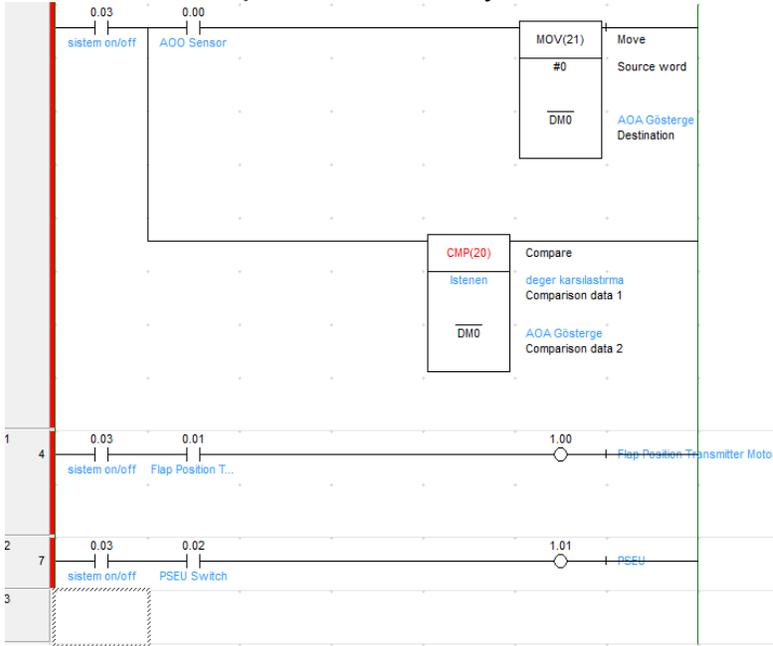
- Sistem çalışma lambası

Sistemin çalışması;

Uçağın stall olmaması için gerekli olan oran her değişken için bir kaydedicide muhafaza edilir. Yani, girişlerin her biri uçaktaki sensörler (Uçağın AOA, IAT, machmetre vb.) ile algılanarak, bu girişlerden gelen bilgiler her biri farklı olan kaydedicilerde saklanır. Bu değerler değişkenlerdeki oransal işlemler yapılarak kaydedilir. Uçağın stall olmaması için gereken değerler ile mevcut durumdaki değerler PLC de CMP (Compare) komutu ile karşılaştırılır ve uçağın mevcut durumunun standart orana gelmesi için gerekli uçak ekipmanları röle kontrol sistemiyle komut verilerek standart oranlara gelmesi sağlanır. Sistem, uçak çalışıp belli bir yüksekliğe ulaştıktan sonra çalışmaya başlatılır ya da uçak direk çalıştığına da başlatılabilir. Bu alternatifler için ön şartlar belirlenir. Tüm bu işlemler SCADA ara yüzü ile kokpitte pilot tarafından görülecek şekildedir.



Şekil 2. SCADA ara yüzü



Şekil 3. Sistem Ladder diyagram görüntüsü

Ladder diyagram girişleri, çıkış ve kaydedicileri aşağıdaki gibi seçilmiştir.

Girişler;

- AOA sensörleri
- Flap position transmitters

- Proximity switch electronic unit (PSEU)
- Mode control panel (MCP)
- Sistem açma / kapama

Kaydediciler;

- Common display system (CDS)
- Electronic centralised aircraft monitör (ECAM)

Çıkışlar;

- Hareketli yüzeyleri harekete geçirecek motorlar (Lamba)
- Sistemin aktif/pasif kontağı (Switch)

5. Sonuçlar

İncelenen uçak kazalarının birçoğunda dolaylı veya doğrudan stall etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Bu soruna karşı uçaklarda bulunan uyarı sistemlerinin görsel olarak yetersiz olduğu düşünülerek stall uyarı sisteminin giriş ve çıkışlarının PLC kontrol sistemine bağlı olarak SCADA sistemlerinde gösterilmesi alternatifi sunulmuştur.

Alternatif yöntem olarak PLC kullanılmasının başlıca sebebi PLC sistemlerinin tehlikelere karşı hemen hemen tüm elemanların korunmuş olduğu elektronik birimlerden oluşmasıdır. Bunun dışında fonksiyonlarına göre değişen PLC boyutlarının, fiyatlarının ve işletim hızının kullanılacak sisteme uygun olduğu düşünülmektedir. Görüntülenebilirlik özelliği ile SCADA ara yüzü ile anlık görüntülenme sağlanarak olası bir stall anında uçuş ekibi etkili bir şekilde uyarılabilmektedir.

Sunulan alternatif yöntem ile görsel etki artırılarak havacılıkta insan faktörlü kazaların önüne geçilmesi beklenmektedir. Mevcut sistemlerdeki görseller için kullanılan ara eleman lamba gibi malzemelerin patlamış olması, arızalı olması pilotlara zor anlar yaşatabilmektedir. Bu durum uçak sistemlerindeki bilgi işlem güvenliğinde sorunlar oluşturabilmektedir. Bu sorunları ortadan kaldıran SCADA sistemi ile görsel olarak bildirim yapılabilecektir.

Bu çalışmada SCADA ve stall uyarı sisteminin birbirine entegre edilmesiyle uçak sistemlerinin hacklenmesi durumunda veya stall uyarı sisteminin çalışmadığı durumlarda uçuş güvenliğini ve uçuş kalitesini sağlayacak alternatif bir çözüm üretilmiştir. Elde edilen sonuçlar çözümün etkinliğini göstermiştir. Önerilen yöntemin uçaklardaki farklı sistemler için de alternatif çözüm üretip üretemeyeceği araştırılması gereken konular arasındadır.

KAYNAKÇA

Zalovcik, J. A. (1952), Summary of Stall-Warning Devices, National Advisory Committee for Aeronautics, Technical Note 2676. Washington

Gertsen, W.M. and Hawkins, J. D., (1994). Development and Certification of A New Stall Warning and Avoidance System

Yavuz, T. ve Ceyhan, G. (1994), Kumanda Devreleri-2, İzmir, Yeniyol Matbaası

SKYBRARY. (2017). Stall Warning Systems.

https://www.skybrary.aero/index.php/Stall_Warning_Systems (Erişim Tarihi: 04.04.2018)

TTS Integrated Training System (2011). Module 13 Aircraft Aerodynamics, Structures and Systems for EASA part- 66. Licence Category A, B 1 and B 2.

Jeff, D. (2005). Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Introduction. USA: Pacific Northwest National Laboratory Grainger Lecture Series for the University of Illinois at Urbana-Champaign

Harima, K. (2000). The Introductory Course of Sequence Control Learning Guide, Japonya, JICA Publications.

Stuart, A. B. (2009). The Instrumentation, Systems, and Automation Society; 4th edition. USA: International Society of Automation

Rajesh, M. ve Vikrant, V. (2016). PLCs & SCADA Theory and Practice. New Delhi: Laxmi Publications Pvt. Ltd.

Boeing (2005), B737 Aircraft Maintenance Manual, Chapter 27

BUĞDAYDAN BULGURA

Hatice PEKMEZ*

1. Giriş

Türlere has bir gıda maddesi olan ve dünyada Türkçe ismiyle tanınan bulgur, Amerikan Bilim Merkezince en besleyici besin maddeleri arasında yer almaktadır. Anadolu'nun temel gıda maddelerinden birisi olan bulgur, ilk işlenen gıdalardan biri olarak çok eski bir tarihe sahiptir. Türkiye, yılda bir milyon tondan fazla üretimi ile dünyanın en büyük bulgur üreticisi, iki yüz bin tondan fazla ihracatı ile dünyanın en büyük bulgur ihracatçısı konumundadır. Bulgurun Türkiye'de kişi başı tüketimi ise ortalama 12 kg/yıl düzeyindedir. Bu oran, doğu bölgelerimizde batı bölgelerimize kıyasla daha fazladır (Balcı ve Bayram, 2015; Bayram, 2006; Dönmez ve ark., 2004).

Bulgur, buğdayın temizlenmesi, pişirilmesi, kurutulması, kabuğunun soyulup çeşitli boylara indirgenmesi ile elde edilen yarı hazır bir üründür. Bulgurun hammaddesi buğdaydır. Bulgur, tam buğdayın çabuk pişen bir formudur. Bulgur yapımında bulgurun parlak sarı olmasını sağlayan durum buğdayları (gahman, karakılçık, kundura, çakmak 79 vb.) tercih edilir. Durum buğdayından sonra tercihen ekmeçlik buğdaylar (sert ve beyaz), bulgur yapımında kullanılabilir. Ancak esmer bulgur üretiminde, esmer ekmeçlik buğday kullanılır (Koca ve Anıl, 1996; MEB, 2011a).

2. Bulgurun sınıflandırılması

Bulgur çeşitli şekillerde sınıflandırılır. Boyut ve kullanım amacına göre pilavlık (tane, iri pilavlık, pilavlık, ince pilavlık) ve köftelik (köftelik, ince köftelik) bulgur olmak üzere ikiye ayrılırlar. Özelliklerine göre, sade, çeşnili ve esmer bulgur olmak üzere üç çeşide ayrılır. Rengine göre esmer/siyah ve sarı olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Ülkemizde yetiştirilip işlendiği bölgelere göre de Antep tipi (ön temizlikten geçirilen buğday, pişirilip kurutulduktan sonra diskli veya çekiçli değirmenlerde kırılır) ve Karaman tipi (buğday ön temizlikten sonra pişirilip kurutulduktan sonra tavllanır, taş değirmenlerde hem kabuğu çıkarılır hem de kırılır) olmak üzere sınıflandırılır (Dönmez ve ark., 2004; GTB, 2016; MEB, 2011a).

3. Bulgurun besin değeri ve özellikleri

Üretimi sırasında pişme suyunda çözülen vitamin ve diğer besin maddelerini tekrar tanenin içerisine emerek besin maddelerinin kaybına uğramayan bulgur, kaynatma esnasında karbonhidratlar ve proteinlerin ısının etkisi ile basit formlara dönüşmesi ile insan vücudunda daha çabuk

* Gaziantep Üniversitesi, Naci Topçuoğlu MYO, Gaziantep, Türkiye. E-mail: pekmez@gantep.edu.tr

sindirilebilecek forma dönüşmektedir. 1992 yılında Amerikan Bilim Merkezi tarafından yapılan bir araştırmada besin tablosunda ilk sıraya yerleşen bulgur, kolesterol içermez. Bulgurun 100 gr'ı 338 kcal enerji sağlar, ortalama 70,2 gr karbonhidrat, 12,2 gr protein, 8,2 gr posa lif, 0,86 gr yağ, 328,5 mg potasyum, 226 mg fosfor, 14,8 mg kalsiyum, 1,30 mg demir, 0,31 mg B1 vitamini ve 0,07 mg B2 vitamini içerir. Ayrıca glisemik indeks değeri 48 (referans: glukoz- 100) , yani düşüktür (55 ve altı) (GTB, 2016; Tekdal, 2014).

Ekonomik ve hazırlanması kolay olan bulgurun, pişirilme ve kurutulması esnasında enzimler ve mikroorganizmalar etkisizleştiği için küf oluşması ve böcek veya larva gelişimi engellenir. Raf ömrü birçok ürüne göre uzundur. Uygun ortamlarda stoklanmaya elverişlidir. İçerdiği folik asitten dolayı çocuk ve hamileler açısından önemli bir gıda maddesidir. Hububat ürünlerinde dezavantaj olan ve bazı besinlerin emilimini engelleyen fitik asit, bulgurun pişirilme ve kurutulma işlemlerinden dolayı bulgurda bulunmaz. İçerdiği yüksek mineral ve selülozdan dolayı besin emilimini hızlandırarak kabızlığı engellemede ve bağırsak kanserini önlemede önemli etkiye sahiptir (Bayram, 2007).

Türk Kodeksi Bulgur Tebliği'ne (2009) göre sade bulgurdaki (kuru maddede) rutubet oranı en çok % 13 (m/m), kül miktarı ise en çok % 2 (m/m), protein değeri ise en az % 11 oranında olmalıdır. Sade bulgurda, beyazlı veya kızıl bulgur tanesi oranı % 1 (m/m)'i aşmamalı, bozuk tane bulunmamalıdır. Toplam yabancı madde miktarı ise % 0,5 (m/m)'ten fazla olmamalıdır. Ayrıca bulgur kendine has renk, tat, koku ve görünüşte olmalı, acılaşmış, ekşimiş, kokuşmuş, küflenmiş olmamalı, yabancı bir tat, koku ve kalıntı içermemelidir.

4. Bulgur üretimi

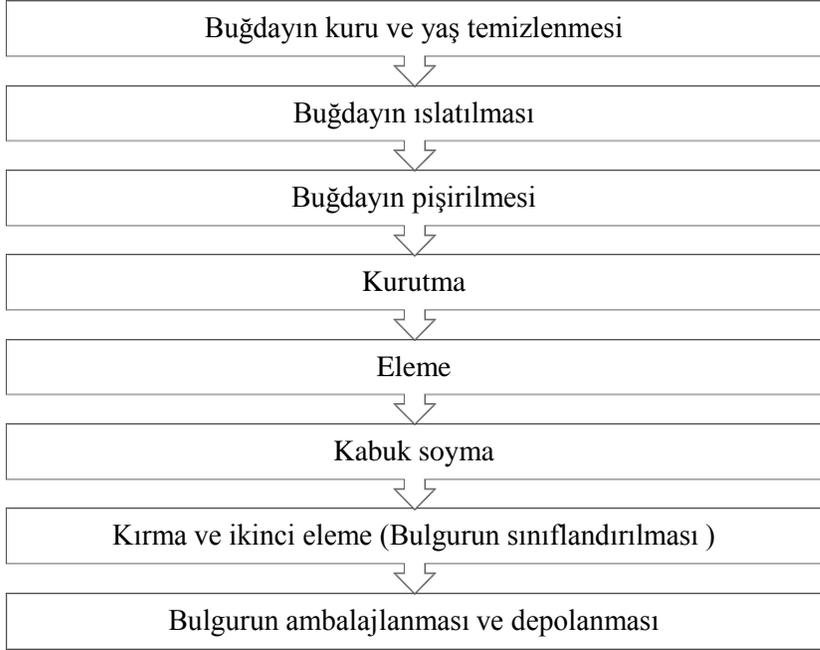
4.1. Geleneksel üretim (ev tipi)

Türkiye'de bulgur üretimi kırsal kesimde geleneksel ev yöntemiyle köy kadınları tarafından yapılırken, fabrikalarda modern teknoloji yardımıyla seri üretime geçilmiştir. Evlerde bulgur yapımında köyde yaşayan kadınlar, önce buğdayı temizler, yıkar, taş, toprak ve kabuklarından ayırırlar. Sonra temizlenmiş buğdaya su ilave ederek büyük kazanlarda harlı ateşlerde kaynatırlar. Pişirme sırasında sıklıkla karıştırır ve pişme suyunun çekmesini sağlarlar. Pişen buğdayı, geniş bezlerin üzerine sererek güneşte kuruturlar. Pişirilmiş ve kurutulmuş buğdayın kabuğunu taş dibeklerde ağaç tokmaklarla döverek soyarlar. Kabuğu soyulmuş buğdayları, el ya da su/rüzgar gücü ile çalışan değirmenlerde öğütürler. Öğütüldükten sonra çeşitli incelikte eleklerden geçirerek iri kısmı pilavlık, ince kısmı ise köftelik bulgur olarak ayırırlar. Hazırlanan bulguru yıl boyunca bozulmadan tüketmek üzere toprak küplere koyarak, tahta sandıklarda ya da bez torbalarda serin yerde

saklarlar (Boyacı Gündüz ve ark., 2013). İlerleyen teknolojiye rağmen, bulgurun geleneksel üretimi devam etmekte ve yemek yapımında köy bulguru olarak tercihen tüketilmektedir.

4.2. Modern teknoloji ile üretim

Hammaddesi genellikle *Triticum durum* buğdayı olan, bunun dışında *Triticum aestivum*, *Triticum monococcum*, *Triticum dicoccon* buğdaylarından da elde edilen bulgur, sekiz aşamada üretilir (Şekil 1).



Şekil 1. Bulgurun üretim aşamaları

4.2.1. Kuru ve yaş temizleme

Kuru temizleme işlemi; kaba ayırma, ince ayırma, manyetik ayırma, kabuk soyma ve taş ayırma şeklinde uygulanır. Kuru temizleme ekipmanları genellikle ayırımı özgül ağırlığa göre yapar. Taneden daha hafif olan toz, kavuz ve diğer yabancı maddeler hava akımı vasıtasıyla uzaklaştırılırken, buğdayın üzerine yapışmış toz, toprak gibi kirler ise yıkama yoluyla arındırılır (GTB, 2016; MEB, 2011a).

4.2.2. Islatma

Temizlenen ve yıkanan buğdaylar, ıslatma işlemine tabii tutulurlar. Böylelikle tanede bulunan nişasta bünyesine gerekli suyu alarak pişme sırasında çabuk jelatinleşmeyi sağlar. Islatmada kullanılan su, temiz, mikropsuz, içilebilir nitelikte olmalı, ayrıca fazla sert olmamasına dikkat edilmelidir (GTB, 2016; MEB, 2011a).

4.2.3. Pişirme

Piřirme diğer bir deyişle kaynatma, ıslatılarak bünyesine yeteri kadar su almış buğdayın 100-110 °C civarında 30-40 dakika kaynatılması işlemidir. Piřen buğdaya hedik denir ve tüm tane bulgur niteliğini taşır. Piřirme bulgurun kalitesini etkileyen en önemli işlem basamağıdır. Bu nedenle, pişirmede dikkat edilecek birçok husus vardır. Piřme sırasında buğdaydaki nişasta tamamen jelatinleşmeli ancak buğday tanesi dağılmamalı ve nişasta açığa çıkmamalıdır. Bunu önlemek için buğday çok kuvvetli ateşte pişirilmelidir. Piřmenin tam olması gerekir. Tane ortadan kesildiğinde beyazlık kalmamalıdır. Piřen buğdayda topaklaşma, yapışma, dağılma, renkte koyulaşma (yanma) olmamalıdır. Piřirme için ilave edilen su miktarı, besin değerinde kayıp meydana gelmemesi için iyi ayarlanmalı, kazandaki su buğday tarafından tamamen emilmelidir. Buğdayın tam olarak piştiğinden emin olunduktan sonra bir süre bekletilir. Böylece tam olarak pişmeyen bulgurların buharla pişmesi sağlanır. Buđday vakumlu kazanlarda basınç altında pişirilirse, pişme süresi dūřer (GTB, 2016; MEB, 2011a).

4.2.4. Kurutma

Kurutma, pişen buğday tanesinin nemini %10 civarına indirmek için yaklaşık 4-5 saat uygulanan bir işlemidir. Kurutma kulesi, dikey konumda ve kesintisiz çalışır. Kurutma kulelerindeki kanallar peteklerden oluşur. Isı değerleri yukarıdan aşağıya doğru azalır. Giriş sıcaklığı, 125 °C, ikinci petek 120 °C, üçüncü petek 115 °C, dördüncü petek 110 °C, beşinci petek 105 °C, altıncı petek 100 °C, yedinci petek 90 °C, sekizinci petek 65–70 °C arasında ayarlanır. Bulgurun renginin koyulaşmaması için çok yüksek sıcaklıklardan kaçınılmalıdır (GTB, 2016; MEB, 2011a).

4.2.5. Eleme

Eleme ile buğdaylar, eleklerden geçirilerek boylanır, kabuk soyma işlemi daha kolay gerçekleşir ve ikinci bir temizleme işlemi daha yapılmış olur (GTB, 2016; MEB, 2011a).

4.2.6. Kabuk Soyma

Pişen buğdayların kabukları çeşitli usullerle soyulur ve ayrılır. Kabuk soymadan önce buğdayın su ile hafif tavllanması kabuğun daha çabuk ve iyi soyulmasını sağlar. Kabuklar, evlerde taş dibeklerde ağaç tokmaklarla dövölerek soyulurken, imalathanelerde dik taşlarla veya kırma makinalarından geçirilerek kabukları soyulur (GTB, 2016; MEB, 2011b).

4.2.7. Kırma ve II. Eleme (Bulgurun sınıflandırılması)

Kurutulan buğdaylar, taş, disk veya vals tipi değerimlerde istenilen boyda kırılarak ve eleklerden geçirilerek boylama (kalibre) işlemi yapılır ve sınıflandırılır. Kırma ve sınıflandırma aşamasından sonra bulgura parlatma işlemi uygulanır. Un eleğine gelen kırık bulgurun kırılma esnasında oluşan unları alınır ve parlatıcıya gönderilir. Parlatıcıda,

kırılmış olan bulgurun rengi çarptırma usulüyle parlattılır (GTB, 2016; MEB, 2011b).

4.2.8. Ambalajlama ve Depolama

Bulgurlar yeni ve içerisindeki maddeyi bozmayacak çuval, bez torba vb. uygun ambalajlara konarak depolanmalıdır. Bulgurun depolandığı yerin serin ve rutubetsiz olmasına özen gösterilmelidir. Ortam rutubetli olursa ya da bulgur iyi kurutulmamışsa, bulgurda küflenme ve diğer bozulmalar olmaktadır. Ortamın sıcaklığı 30-35°C'nin üzerinde olursa 4-5 ayda bulgurlarda ekşime ve acılaşıma olmaktadır. Bulgurun bekletildiği yer direk güneş ışığı almıyorsa ve 20°C civarında olduğunda bulgurun gıda değerinde bozulma olmadan bir yıl dayanabilmektedir (GTB, 2016; MEB, 2011b).

Kaynaklar

Balcı, F., Bayram, M., 2015. Improving the color of bulgur: new industrial applications of tempering and UV/sun-light treatments. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (9): 5579–5589.

Bayram, M., 2006. Determination of the cooking degree for bulgur production using amylose/iodine, centre cutting and light scattering methods. *Food Control*, 17: 331–335.

Bayram, M., 2007. Application of bulgur technology to food aid programs. *Cereal Food World*, 52 (5): 249-256.

Boyacı Gündüz, C.P., Erten, H., Özer, S., Kola, O., Kelebek, H., Çetin, A.E., 2013. Traditional production of bulgur. *Traditional Foods from Adriatic to Caucasus*, 24-26 October, Ohrid, Macedonia.

Dönmez, E., Salantur, A., Yazar, S., Akar, T., Yıldırım, Y., 2004. Ülkemizde bulgurun yeri ve bulgurluk çeşit geliştirme. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*.

Gaziantep Ticaret Borsası (GTB), 2016. Bulgur Sektör Raporu, Gaziantep, 1-36, <https://www.gtb.org.tr/dosya/pdf/bulgur-sektor-raporu-2016.pdf>

Koca, A.F., Anıl, M., 1996. Farklı buğday ve pişirme yöntemlerinin bulgur kalitesine etkisi. *Gıda*, 21 (5): 369-374.

Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2011a. Bulgur Üretimi 1. *Gıda Teknolojisi*, 1-34, Ankara.

Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2011b. Bulgur Üretimi 2. *Gıda Teknolojisi*, 1-38, Ankara.

Tekdal, S. Importance of Durum Wheat Breeding in Terms of Bulgur in Southeastern Anatolian Region of Turkey. *International Conference on Food, Agriculture and Biology (FAB-2014)*, 11-12 June, 2014, Kuala Lumpur, Malaysia.

Türk gıda kodeksi, 2009. Bulgur Tebliği, Tebliğ no: 2009/24.

THE IMPORTANCE OF FRACTURE MECHANICS IN GEOTECHNICAL ENGINEERING

Nazife ERARSLAN*

Application and understanding of fracture mechanics has great importance to analyse the performance of structures. Rapid and violent failures of large-scale geotechnical, mining or civil engineering structures cause significant safety hazards, material damage, and interruption mining or building activities. The fundamental questions in both structural and mining engineering are to predict the failure load of structures consisting of flaws and cracks and to reveal the combination of load and flaw geometry parameters leading to failure. Geomechanics and related faulting is also of major importance in structural geology and seismology. Rock fracture mechanics is one approach to recognise pre-failure rock mass behaviour may result in predicting or preventing the potential for geotechnical and geological failure (Swedzicki, 2003). Moreover, the failure of most rock materials is essentially a process of crack propagation and therefore the macroscopic failure criteria are insufficient to describe the fracture process of the rocks. Since once crack has opened, the state of stress in the vicinity of the crack tip is altered significantly, prediction of the direction of crack propagation and orientation of fracture in a brittle rock material becomes crucial. A crack can deform in three basic modes: namely mode I, mode II and mode III. That classification of fracturing is based on the crack surface displacement or crack tip loading (Whittaker et al., 1992; Lawn, 1993). Mode I, also called the opening (tensile) mode, is so called because the crack tip is subjected to a normal stress and the crack faces separate symmetrically with respect to the crack front so that the displacements of the crack surfaces are perpendicular to the crack plane (Fig. 1). The crack carries no shear traction and no shear displacement is visible. Mode II is the edge sliding (or in-plane shearing) mode where the crack tip is subjected to an in-plane shear stress and the crack faces slide relative to each other so that the displacements of the crack surfaces are in the crack plane and perpendicular to the crack front (Fig.1). The third mode of fracturing is Mode III. Mode III is also called tearing mode. The crack tip subjected to an out-of-plane shear stress. The crack faces move relative to each other so that the displacements of the crack surfaces are in the crack plane but parallel to the crack front (Fig.1).

* Adana Science and Technology University, Mine and Mineral Process Engineering, Assoc.Prof.Dr. , Turkey

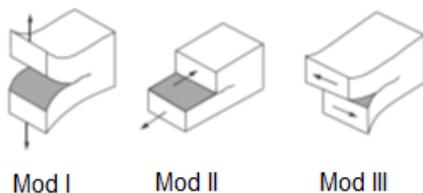


Fig. 1 Three fracture modes and corresponding crack surface displacements

I. FAILURE MECHANICS (ROCK MECHANICS) AND FRACTURE MECHANICS SEEM IN CORRESPONDENCE WITH THEIR INVESTIGATION ON ROCK BREAKAGE BUT THERE ARE DIFFERENCES OF RELEVANT RESEARCH AREA BETWEEN THEM. ROCK FAILURE MECHANICS GENERALLY CONCERNS WITH FAILURE IN A CONTINUUM SENSE WHERE ROCK OR ROCK MASS UNDERGOES PERMANENT DAMAGE AFFECTING ITS ABILITY TO SUSTAIN A LOAD. ON THE OTHER HAND FRACTURE MECHANICS, SOMETIMES CALLED CRACK MECHANICS, CONCERNS WITH THE CRACK OR CRACKS INDIVIDUALLY. MOREOVER, EXISTING FAILURE CRITERIA AND THEORIES SUCH AS THE WELL KNOWN COULOMB CRITERION OFTEN DEAL DIRECTLY WITH FRACTURE PROCESSES BUT IT CANNOT BE EXPECTED TO DEAL WITH CRACK PROPAGATION ABOUT LENGTH OF CRACK, DIRECTION OF CRACK PROPAGATION ETC. FRACTURE MECHANICS OR MORE SPECIFICALLY LINEAR ELASTIC FRACTURE MECHANICS (LEFM), HAS BECOME WELL DEVELOPED IN THE PAST 50 YEARS AS ENGINEERS TRIED TO UNDERSTAND THE BRITTLE FAILURE OF STRUCTURES MADE OF HIGH STRENGTH METAL ALLOYS (ROSMANITH, 1983). HOWEVER, FRACTURE MECHANICS HAS BEEN APPLIED TO THE STUDY OF ROCK FRACTURING IN LATE 1980S (WHITTAKER ET AL., 1992). SOME RESEARCHES IN ROCK FRACTURE MECHANICS IN THE PAST HAS PROVIDED MAJOR KNOWLEDGE ON TENSILE FRACTURING (MODE I FRACTURING) (ATKINSON ET AL., 1982; OUCHTERLONY , 1988; THOULESS ET AL., 1987 AND SHETTY ET AL., 1985).

Tensile fractures within rock can be generated both in tensile and compressive stress fields and are therefore very common. One might think here of the vertical fractures caused in pillars in excavations due to the weight of the overburden, or fractures from hydraulic stimulation of boreholes. Moreover, some researchers showed that shear loading (Mode II loading) of existing fractures was observed to initiate tensile fractures (Brace and Bombolakis, 1963; Horii and Nemat-Nasser, 1985; Wong et al., 2001). However, pre-existing cracks in rock material and discontinuities in rock masses are seldom subjected to tensile loading (mode I), but rather to compressive, shear (mode II) or mixed mode loading (mode I-II). On the other hand, cracks or discontinuities in rocks are not subjected to one type loading. Some rock structures such as bridge

abutments, dam and road foundations, and tunnel walls undergo both static and cyclic loading caused by vehicle-induced vibrations, drilling and blasting, traffic, etc. This type of loading often causes rock to fail at a lower stress. The design of such structures requires understanding of and research on rock mechanical properties under various loading conditions.

Linear Elastic Fracture Mechanics (LEFM) is based on the stress intensity factor (SIF), K , which quantifies the intensity of the stress singularity at the crack tip. Fracture mechanics states that a crack will propagate when its stress intensity reaches a critical value, K_C , assuming that the crack tip is in a state of plane strain. Stress intensity factor depends on fracture displacement modes and crack geometry.

Applied loading stress translates into a stress intensity factor at the crack tip. The equations given by LEFM to calculate stresses and stress intensity factor for a crack under tensile loading are also applicable for a crack under compressive loading, but use opposite signs, i.e., K_I and K_{II} become negative. A negative K_I indicates compressive stress acting at the crack tip and a negative K_{II} just indicates an opposite direction for the shear stress acting parallel to the crack plane. As shown in Fig.2, the inclination angle (θ) of a compressively loaded crack is such that crack extension occurs parallel to the major principal compressive stress (Fig. 2a), while it is parallel to the minor principal tensile stress in the case of a crack under a tensile load (Fig. 2b).

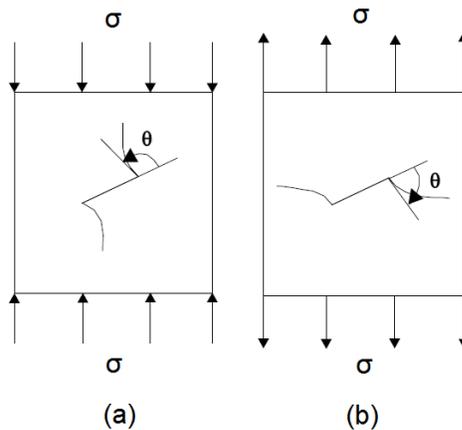


Fig. 2 Crack propagation paths under compression (a) and tension (b)

Cracks propagate differently in heterogeneous geotechnical materials like concrete and rocks, taking different names and definitions. Direct observations of microcracks by SEM, optical microscope and petrographic methods have identified four types of cracks in rocks (Eberhard, 1998; Kranz, 1983):

- (1) grain boundary cracks;
- (2) intragranular cracks, which lie totally within the grain;

- (3) intergranular cracks, which extend from a grain boundary crossing into another grain; and
- (4) multigranular cracks, which cross several grains and grain boundaries.

The mechanism of crack initiation is simply tensile, while the mechanism of failure is complex and requires the coalescence of several microcracks. Griffith (1924) put forward the important notion that crack initiation, even under compressive loading, results from local tensile stresses at the crack tip. Crack initiation, propagation and specimen failure do not occur at the same time; rather each separately forms a particular fracture process.

2. EXPERIMENTAL AND NUMERICAL METHODS

2.1 Experimental Tests:

The Cracked Chevron Notched Brazilian Disc (CCNBD) specimens were used in tests. The CCNBD method had advantages over other International Society of Rock Mechanics (ISRM) proposed fracture toughness tests in terms of the simplicity of sample preparation and the reduced material required for testing (ISRM 1995). It was also unnecessary to perform pre-cracking for a CCNBD specimen because it used a chevron notch that self-pre-cracks during testing and leads to stable crack propagation. Another advantage of the CCNBD method over other ISRM methods involves increased precision; there is a higher load capacity and consistent results for each test. The geometry of a CCNBD specimen is illustrated in Fig. 3. The chevron notch causes crack propagation to start at the tip of the V alignment and to proceed radially outwards in a stable fashion until the point at which the fracture toughness is calculated. The thickness, t , of the notches was 1.5 mm and the thickness of the samples, B , was 25 mm. The initial chevron notch crack length, $2a_0$, was 16–18 mm and the final chevron notch crack length, $2a_1$, was 36–37 mm. All dimensions of the geometry should be converted into dimensionless parameters with respect to the specimen radius and diameter. The suggested standard specimen dimensions are given in the ISRM suggested methods (ISRM, 1995).

Disc specimens were diametrically loaded with various angles (β) inclined according to diametral compressive loading directions ranging from 0° to 70° . A load-controlled testing manner was adopted and loading was continued until failure. Load, diametral displacement, and crack mouth displacement were continually recorded during the test using a computerized data logger. As the loading type is diametral compressive loading to create compression-shear loading on the pre-existing crack plane, the crack initiation angle is positive (counter clockwise) and the

crack propagation direction tends to be parallel to the direction of compressive loading.

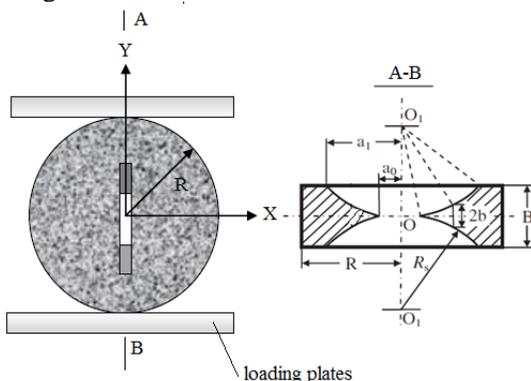


Fig. 3 The CCNBD specimen geometry with recommended test fixture

2.2 Numerical Analysis Methods:

Series of finite element modelling were conducted to model notch crack initiation and propagation under diametral loading. The stress distribution and crack propagation analysis in the specimen were done by using the finite element program, FRANC2D ((FRacture ANalysis Code). FRANC2D was originally developed by Wawrzynek and Ingraffea (Wawrzynek and Ingraffea, 1987) at Cornell University and it was accepted as a step for developing the discrete fracture analysis programs. The crack propagates in the direction predicted using any of the three propagation theories implemented in FRANC2D. They are the sigma theta max theory (Erdogan and Sih 1976) the G theta max theory (Hussain and Pu, 1974) and the S theta min theory (Sih, 1974).

The numerical model was built as geometry of a CSTBD specimen and the critical geometry parameters are; diameter, $D=52\text{mm}$; thickness, $B=25\text{mm}$ and notch length, 18 mm. All of the elements used in the finite element models have elastic-isotropic material properties that were defined using the results obtained from the rock characterization tests. Diametral compressive loads used in numerical models were based on the ultimate loads obtained experimentally for various crack inclination angles individually. E.g. 4.4 kN for $\beta=0^\circ$ inclined crack, 5.3 kN for $\beta=33^\circ$ inclined crack. The bottom of the disc sample was fixed in both x and y directions. The problem type was plain stress and the crack propagation was done by using 'automatic non-cohesive crack propagation' option of FRANC2D. However, cohesive crack models implemented in FRANC2D are for mode I loading. That's why; non-cohesive crack propagation was used in our models for the sake of accuracy of the inclined crack propagation analysis.

The position at the left-hand side of the pre-existing notch crack is given name as the ‘upper face of crack’ and at the right-hand side the ‘lower face of crack’ according to the diametral compressive loading and inclination of the notch crack (Fig.4). The upper end of the line represents the start point of the ‘position on line’ axis in the plots (Fig. 4).

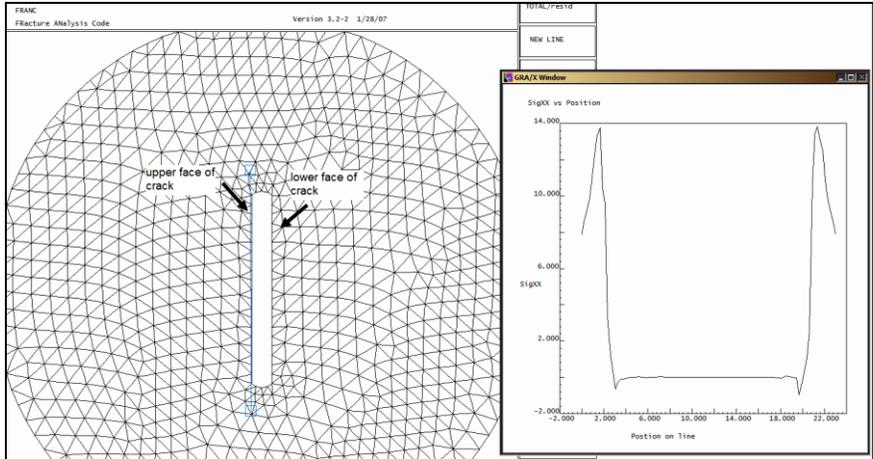


Fig.4 Line plot post-process option of FRANC2D for stress distribution analysis around notch crack

3. RESULTS OF EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDIES

3.1 Experimental Results:

Tuff type rock specimens were loaded at various inclination angles (β) to the static diametral compressive loading direction, ranging from 0° to 70° . Load-controlled testing was adopted and loading was continued until failure. Load, diametral displacement and crack mouth displacement were continually recorded during each test using a computerised data logger. As the loading type was diametral compression in order to create compression-shear loading on the pre-existing crack plane, the crack initiation angle was positive (counter-clockwise) and the crack propagation direction tended to be parallel to the direction of compressive loading. In general, the ultimate failure load for all rock types increased up to $\beta = 33^\circ$ (see Table 1). The reason for this maximum ultimate failure load may be the fact that the highest shear stress occurs with this crack inclination angle under compressive loading.

If a CCNBD specimen is loaded with the crack oriented at an appropriate angle (β) with respect to the loading direction, a mixed mode I–II stress field can be achieved at the crack tips, and the crack propagates at an angle (θ) with respect to its crack plane. The crack initiation angle (θ) was found in the experimental results reported herein

to be strongly dependent on β . It was found that cracks initiated at an angle of $70\text{--}100^\circ$ relative to the original crack plane when the inclined crack was subjected to diametral compressive load. The tested tuff specimens are shown in Fig. 5. The experimental results showed that cracks initiated at the tip of the notch for specimens of all three rock types for values of β up to 30° . However, one of the most important observations made was that the location of the crack initiation moved to the centre of the notched crack for $\beta \geq 30^\circ$. It was also observed that, with 70° inclined cracks in sandstone and granite specimens, single coplanar shear cracks appeared individually at one end of the tip of the cracks.



Fig. 5 Tested CCNBD tuff specimens

Table 1. Failure loads obtained for Tuff CCNBD samples

| | Inclination angle (β) | Failure load (kN) |
|----------|-------------------------------|-------------------|
| Repeat 1 | 0° | 4.4 |
| Repeat 2 | | 4.1 |
| Repeat 1 | 28° | 4.9 |
| Repeat 2 | | 4.7 |
| Repeat 1 | 30° | 4.4 |
| Repeat 2 | | 4.8 |
| Repeat 1 | 33° | 5.3 |
| Repeat 2 | | 5.7 |
| Repeat 1 | 45° | 4.9 |
| Repeat 2 | | 4.4 |
| Repeat 1 | 70° | 4.7 |
| Repeat 2 | | 4.3 |

Crack displacement (CMOD) was monitored continuously until failure. Fig. 6 show the displacement responses of the chevron notched crack mouths, for various β , for Brisbane tuff, CCNBD specimens. In general, it is clear that all notched cracks opened for β of up to 28° , for all three rock types. It was concluded that the effective normal stress

perpendicular to the crack plane is mostly tensile, which causes the crack to open. However, notched cracks in specimens of the three rock types showed different responses to diametral compression for $\beta = 30^\circ$ and 33° . For instance, for $\beta = 30^\circ$ and 33° , notched cracks in Brisbane tuff CCNBD specimens initially closed, then opened with increasing plastic behaviour up to failure (see Fig. 6).

Another important observation obtained from the load–CMOD graphs is the presence of plastic deformation regions before the peak load points. Because clear plastic deformation took place before failure in all three rock samples, there is a possible Fracture Process Zone (FPZ) in front of the crack tip. The formation of the plastic process zone at the tip of the crack is seen clearly because of the plastic deformation region on the graphs before failure. It is interesting to note that this possible FPZ zone takes place in front of the crack tip propagating in only opening fracturing mode. When the crack closing starts, hardly any plastic deformation takes place before the peak load. Especially, there is no plastic deformation taking place in front of the $\beta = 45^\circ$ inclined crack tip with all rock types. This may show that the fracturing mode is still opening even with crack closing and that effective tensile stress tends to extend to the centre of the crack instead of being suppressed in front of the crack tip.

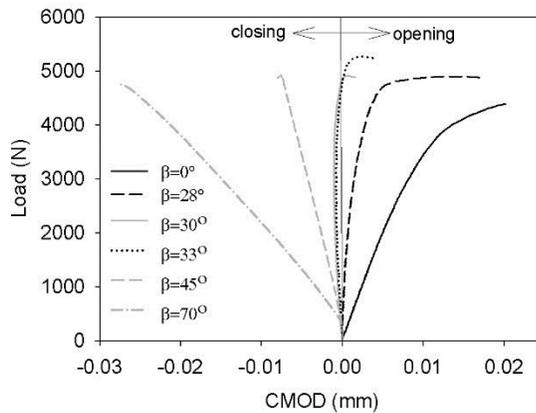


Fig.6 Crack displacement under mixed-mode loading of tuff CCNBD samples

3.2 Numerical simulation results:

The first numerical modelling series was undertaken for stress distribution analysis around a notched crack in a CCNBD specimen. The loading situations for various inclination angles were simulated without any new crack initiation or propagation. In general, the region of tensile

stress distribution extended closer to the centre of the chevron notched crack, with increasing crack inclination angles. The maximum tensile stress was obtained along the crack plane at the tip of the $\beta = 0^\circ$ inclined chevron notch. Some of the numerical simulations of the stress analysis around the face and tip of the notched crack are given in Fig. 7. In contrast, the maximum shear stress was found just beneath the loading boundary, where a high compressive region occurred, and the region of shear stress moved from the side of the end of the notched crack to the centre of the end of the notched crack at greater than a 30° crack inclination angle. The maximum tensile stresses were obtained at the tip of the notched crack in a direction normal to the crack plane, with $\beta = 28^\circ, 30^\circ$ and 33° inclined notched cracks.

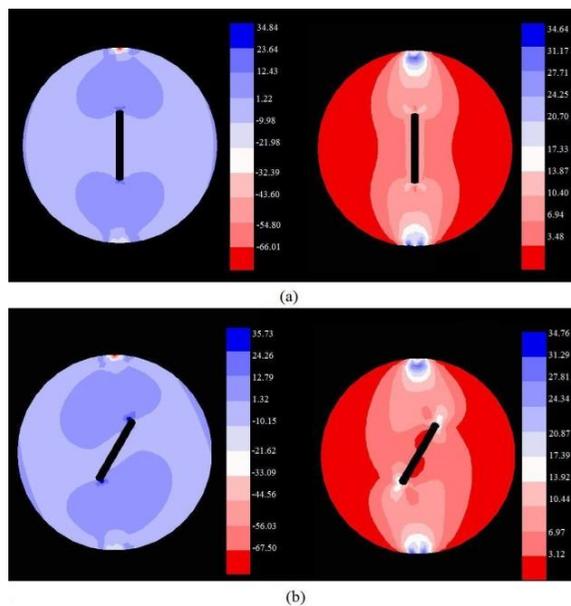


Fig.7 Stress distribution in CCNBD specimens: Tensile (left) and shear (right)

The stress distribution around the tip of a notched crack is best explained by separately plotting the normal stress, the shear stress and the stress on the x-axis along the upper face, lower face and at the tip of the notched crack. Fig. 8 shows the normal stress distribution around the upper face of a notched crack inclined at various angles (β). The normal stress was tensile at the upper face of a notched crack inclined up to $\beta = 33^\circ$. In contrast, normal stress was compressive at the upper face of a notched crack with inclination angles $\beta = 45^\circ$ and 70° (see Fig. 8a). The results showed points where wing crack initiations took place around the tip of the notched crack. However, normal stress was always compressive

around both the lower and upper faces of a notched crack with inclination angles $\beta = 45^\circ$ and 70° . Fig. 8b shows the normal stress distribution at the tip of a notched crack. The normal stress was tensile for a $\beta = 0^\circ$ inclined notched crack, which is a Mode I (tensile mode) crack. This result showed that the tensile stress area was moving from the tip through to the face of the notched crack.

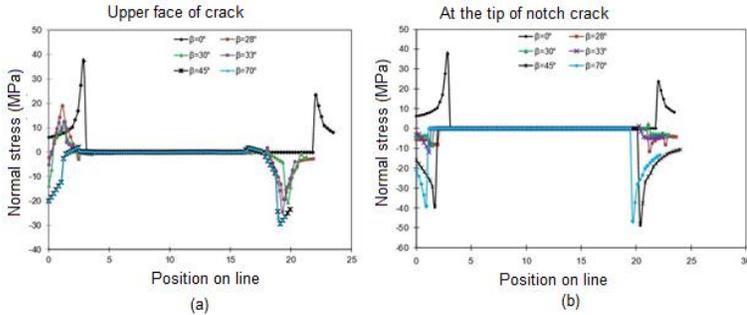


Fig. 8 Normal stress distribution around pre-existing notch crack

After the stress distribution analysis, crack propagation analyses were conducted to investigate the crack displacements depending on the crack inclination angles. The automatic re-meshing strategy adopted in FRANC2D deleted elements in the vicinity of the crack tip, moved the crack tip and then inserted a trial mesh to connect the new crack to the existing mesh. The crack propagation simulation results are shown in Fig. 9. It was found that the crack initiation angle was strongly dependent on the notched crack inclination angle. Moreover, the direction of crack propagation was found to be parallel to the loading direction and was in good agreement with experimental findings. As the high tensile stress zone extended along the centre of the notched crack instead of the tip, with an increasing inclination angle in the stress distribution analysis in the previous section, crack initiation in crack simulations started from a region closer to the centre of the notched crack when the β increased.

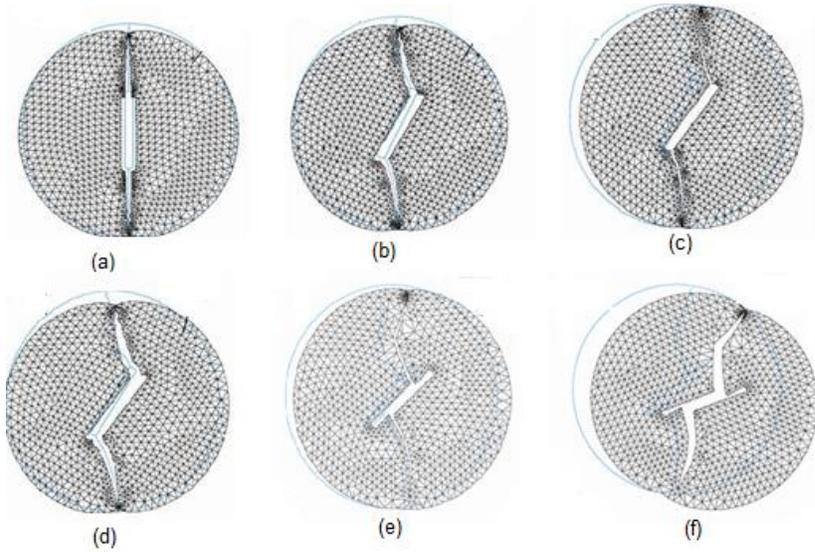


Fig.9 Crack propagation in CCNBD specimens

In order to check the validity of the numerical modelling, a comparison of numerical results and experimental findings on crack extension (θ) and crack inclination (β) angles was made (see Fig. 10). Additional crack inclination angles of 20° and 60° were included in the comparison of experimental and numerical outputs by using experimental results. Good agreement was obtained between the numerical and experimental crack extension (θ) and crack inclination (β) angles. The crack initiation angle was found to increase with increasing crack inclination angle. In the literature, counter-clockwise crack initiation angles are accepted as positive under compression–shear loading, while clockwise crack initiation angles are accepted as negative under tension–shear loading. Mostly, crack initiation angles decreased with increasing crack inclination angles under tension-shear loading. In contrast, crack initiation angles increased with increasing crack inclination angles under compressive–shear loading. Both the experimental and numerical results were in agreement with the findings in the literature (Ingraffea 1981; Al-Al-Shayea 2005; Lin et al. 2009). The level of agreement shown in this study, and supported by the literature, suggests that FRANC2D is capable of simulating mixed-mode crack propagation under compression-shear loading. However, the Mode I stress intensity factor values that were obtained using FRANC2D were smaller than the Mode II values obtained due to the maximum tangential stress criterion.

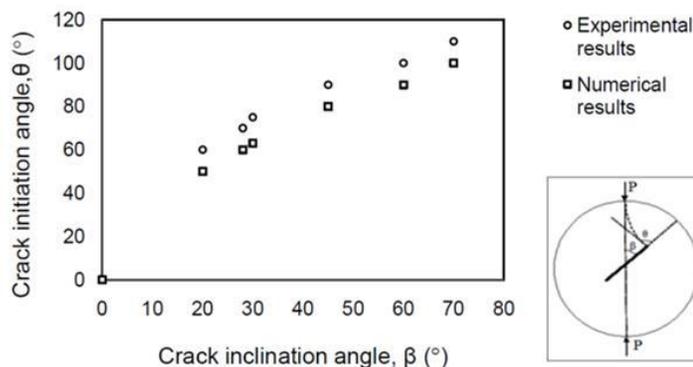


Fig.10 Experimental and numerical analysis results for comparison

4. Conclusions

Experimental tests performed on diametrically loaded CCNBD specimens showed that cracks initiated only at the tip of the notched crack when the inclination angle had a value of up to 30° . However, when the inclination angle was greater than 33° , the crack initiation point moved from the tip to the centre of the notched crack as the inclination angles increased. Moreover, it was found that all notched cracks opened for crack inclination angles (β) of up to 30° , whereas crack closing was found to start above that angle.

In order to check the validity of the numerical modelling, a comparison of numerical results and experimental findings regarding crack extension (θ) and crack inclination (β) angles was made. A good agreement was found between numerical and experimental findings regarding crack extension (θ) and crack inclination (β) angles. The crack initiation angle was found to increase with increasing crack inclination angles.

The loading situations for various inclination angles were simulated properly by using FRANC2D numerical software without any new crack initiation or propagation to eliminate use of the mixed-mode fracture criterion. In general, the region of tensile stress distribution extends closer to the centre of the chevron notch crack with increasing crack inclination angles. The maximum tensile stress was obtained along the crack plane at the tip of the $\beta = 0^{\circ}$ inclined chevron notch. In contrast, the maximum shear stress was found just under the loading boundary where the high compressive region occurred and the region of shear stress moved from the side of the end of the notch crack to the centre of the end of the notch crack after 30° crack inclination angle. The maximum tensile stresses were obtained at the tip of the notch crack in normal direction to the crack plane with $\beta = 28^{\circ}$, $\beta = 30^{\circ}$ and $\beta = 33^{\circ}$ inclined notch cracks.

The crack propagation analyses after the stress distribution analyses were done and it was found that crack initiation angle was strongly dependent on the notch crack inclination angle. Moreover, the direction of crack propagation was found to be parallel to the loading direction and is in good agreement with experimental findings. Because the high tensile stress zone was observed to extend along the centre of the notch crack instead of the tip of the notch crack with increasing inclination angle in the stress distribution analysis in the previous section, crack initiation in crack simulations starts from a region closer to the centre of the notch crack when the β increases. Mode I stress intensity factor was found to be always higher than mode II stress intensity factor at the tip of the cracks inclined at various angles. The highest mode I and mode II stress intensity factor values were obtained with 30° and 33° inclined crack simulations, as in the experimental results. Because classical fracture criteria are implemented in FRANC2D, the calculated mode II stress intensity factor values are expected to be smaller than mode I stress intensity factor values. According to the maximum stress criterion (Erdogan & Sih, 1976), the mode II maximum stress intensity factor reaches its critical value (K_{IIc}) when the mode I stress intensity factor equals zero ($K_{II\max} = K_{IIc}$, $K_I = 0$) for pure shear loading. However, one of the most important mixed-mode criteria, maximum tangential stress, was derived for a crack under monotonic tension. Hence, the predicted K_{IIc} values by the maximum tangential stress criterion are smaller than those of K_{Ic} .

References

- Al-Shayea NA. (2005). Crack propagation trajectories for rocks under mixed mode I–II fracture. *Eng Geol* 81:84–97
- Atkinson, C., Smelser, R.E. & Sanchez J. (1982). Combined mode fracture via the cracked Brazilian disk test. *Int J Frac.*, 18 (4), 279–291.
- Brace WF, Bombolakis EG. (1963) A note on brittle crack growth in compression. *J Geophys Res* 68:3709–13
- Eberdhard, E. (1998). *Brittle rock fracture and progressive damage in uniaxial compressive*. (Doctoral Thesis: University of Saskatchewan, Canada).
- Erdogan F, Sih GC. (1976). On the crack extension in plates under plane loading and transverse shear, *ASME J Basic Eng*; 10: 25-37.
- Galvez, J, Cendon, D, Planas, J, Guinea, G V, and Elices, M. (1998). *Fracture of Concrete under Mixed Loading. Experimental Results and Numerical Prediction*, 729-736 pp (AEDIFICATIO Publishers, Freiburg)
- Griffith AA. (1924). The theory of rupture. *Proc of First Int Cong on Appl Mech* 55

Hasanpour, R and Choupani, N. (2008). Mixed-mode study of rock fracture mechanics by using the modified Arcan specimen testing, World Academy of Science, Engineering and Technology, 2, 521-526

Horii H, Nemat-Nasser S. (1985). Compression-induced microcrack growth in brittle solids: Axial splitting and shear failure. *J Geophys Res* 90:3105–25

Hussain MA, Pu SL. (1974). Strain energy release rate for a crack under combined Mode I and Mode II. In: *Fracture analysis ASTM STP 560*, American Society of Testing and Materials, New York,; 2-28.

Ingraffea AR (1981). Mixed mode fracture initiation in Indiana limestone and westerly granite. In: *Proc. 22nd US Symp Rock Mech* Cambridge, MA, pp 186–91

ISRM (co-ordinator: Fowell, R. J.) (1995) Suggested method for determining mode I fracture toughness using cracked chevron notched Brazilian disk (CCNBD) specimens. *Int J Rock Mec Min Sci Geomech Abs* 32(1): 57–64

Kazemi, MT and Shahvari, FV. (2004). Mixed mode fracture of concrete: an experimental investigation, *Sharif University of Technology*, 11(4):378-385

Kranz, R.L. (1983). Microcracks in rocks: A review. *Tectonophysics*, 100(1-3), 449–480.

Lawn, B.R. (1993). *Fracture of Brittle Solids*. Cambridge University Press. Cambridge.

Lin Q, Fakhimi A, Haggerty M, Labuz JF (2009) Initiation of tensile and mixed-mode fracture in sandstone. *Int J Rock Mec Min Sci* 46:489–97

Ouchterlony F (1988). Suggested methods for determining the fracture toughness of rock. *Int J Rock Mec Min Sci Geomech Abs* 25(2):71–96

Rosmanith HP (1983). *Rock fracture mechanics*. CISM Courses

Shetty DK, Rosenfield AR, Duckworth Wh (1985). Fracture toughness of ceramics measured by a chevron notch diametral compression test. *J Am Ceram Soc*68(12):C325–7

Sih GC. (1974). Strain-energy-density factor applied to mixed mode crack problems, *Int J of Fract*; 10 (3): 305-320.

Thouless MD, Evans AG, Ashby MF, Hutchinson JW (1987). The edge cracking and spalling of brittle plates. *Acta Mater* 35:1333–41

Wawrzynek P, Ingraffea AR (1987). Interactive finite element analysis of fracture processes: An integrated approach, theoretical and applied fracture mechanics 8:137–50

Wawrzynek P, Ingraffea AR. (1987). Interactive Finite Element Analysis of Fracture Processes: An Integrated Approach, *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*,; 8: 137 – 150.

Wong RHC, Chau KT, Tang CA, Lin P (2001). Analysis of crack coalescence in rock-like materials containing three flaws—Part I: Experimental approach. *Int J Rock Mec Min Sci* 38:909–24

BÖRÜLCE İŞLEME

Hatice PEKMEZ*

1. Giriş

Bakliyat; yemeklik kuru baklagil veya baklagil olarak adlandırılan fasulye, nohut, mercimek, bakla, bezelye ve börülce gibi adlarla bilinen yaş sebzelerin kurutulularak meyvelerinden ayrılmış tohumlarına verilen genel addır (MEB, 2011). Börülce (*Vigna sinensis*), insan besini ve hayvan yemi olarak tüketilen baklagil türlerinden biridir. Sıcak iklim sebzesi olduğu için Afrika, Güney Amerika, Güney Asya ve Akdeniz bölgelerinde yayılmıştır. Ülkemizde börülcenin tarımı Ege ve Akdeniz Bölgesi'nde yapılmaktadır. Taze börülcede % 80-85 su, %15-20 kuru madde bulunur. Yağ miktarı düşüktür. Kuru maddenin % 20-30'nu proteinler oluşturur. Ülkemizde börülcenin önemi tam olarak bilinmemekle birlikte salatası ve yemekleri özellikle Ege Bölgesi'nde sevilerek tüketilir (MEB, 2013).

Börülce tek yıllık kazık köklü bir bitkidir. Gövdesi, yumuşak otsu olan börülcenin yaprakları bileşik yaprak görünümündedir. Börülcede salkım şeklindeki çiçekler yaprak koltuklarından çıkar ve bir salkımda 6-12 adet çiçek bulunur. Açan çiçeklerin ancak % 10-20'si meyve oluşturabilir. Börülce yarı nemli koşullara çok iyi uyum sağlamış sıcak iklim bitkisidir. En iyi gelişme sıcaklığı 20-30 °C arasındadır. Yarı kurak bölgelere daha iyi adapte olur. Su tutma kapasitesi yüksek nemli yerlerde iyi gelişir. Börülce meyveleri genellikle düz, ince ve uzundur. Baklanın meyve rengi yeşildir. Kuru dane olgunluğunda bakla sararır. Bakla içinde yuvarlak veya böbrek şeklinde börülce daneleri bulunur. Tohumların renkleri beyaz, sarı, sarı mor, kahverengi morumsudur. Bin dane ağırlığı 100- 400 gram arasında değişir (<http://www.tohumcu.org/>; MEB, 2013; Ngalamu ve ark., 2011).

2. Börülcenin besin değerleri

Bakliyatlar ucuz ve yüksek kaliteli bitkisel protein kaynağıdır. Protein değerleri, tahıl tanelerinden yaklaşık iki kat fazla olup %18-31,6 oranındadır. Sindirilebilirlikleri % 69-90 arasındadır. Ayrıca glüten içermemeleri, glüten intoleransı olan bireylerin beslenmesinde önemli bir ayrıcalıktır. Kuru börülce diğer bir adıyla lolaz, yüksek besin değerleri ve kolesterol içermemesi bakımından önemli bir besin kaynağıdır. Börülce tanesinde % 24.8 oranında protein, % 1.9 oranında yağ, % 6.3 lif, % 63.6 karbonhidrat, % 0.00074 tiamin, % 0.00042 riboflavin, % 0.00281 niacin bulunmaktadır. Börülce tohumlarındaki protein, hayvansal

* Gaziantep Üniversitesi, Naci Topçuoğlu MYO, Gaziantep, Türkiye. E-mail: pekmez@gantep.edu.tr

proteinlere göre methionine ve cystine yönünden yetersiz olmasına rağmen, tahıl tohumlarına göre, aminoasit, lysine ve tryptophan yönünden zengindir. Ayrıca börülce taneleri karoten ve vitamin B1’ce de oldukça zengindir (Ünlü ve Padem, 2005). Bunun yanı sıra, glisemik indeks değeri 42 yani düşüktür. Börülce, içerdiği bileşenler sayesinde kötü kolesterolü azaltır, kabızlığı giderir, yüksek tansiyon ile şekere faydası olur, kanseri önleyici özellik taşır ve bağışıklık sistemini güçlendirir (<http://www.borulce.gen.tr>).

3. Börülcenin üretim aşamaları

Börülcenin tarladan sofraya sunulması sürecinde üretimin, temiz, sağlıklı ve kaliteli olması gerekir. Şekil 1’de börülcenin işleme sürecindeki üretim aşamaları yer almaktadır. Kuru baklagil olarak üretilen börülcede tane hasadı, baklaların üçte ikisi kahverengi olup olgunlaştığı zaman yapılıır. Tane üretiminde baklalar hasat edilmeden bitki üzerinde bırakılır ve baklaların yeşilden sarı kahverengiye, mordan koyu mor renge dönmesi ve kuruması beklenir. Ancak bakla, çatlamadan önce hasat edilmelidir. Hasat edilen bitkiler demetler hâlinde bağlanarak tarlada kurumaya bırakılır. Güneşte kurutma 1 ile 3 gün gerektirir. Ancak, güneşte kurutulmuş yapraklarda sıklıkla P-karoten, C vitamini ve amino asit lysine kayıpları meydana gelir. Bu nedenle, gölgede kurutma tercih edilir. Yeterince kuruyan bitkiler (% 13-14 nem oranı) harman edilir. Harmanlanan ürünler işlenmek üzere işletmelere gönderilir (Directorate ve ARC, 2011; MEB, 2013).

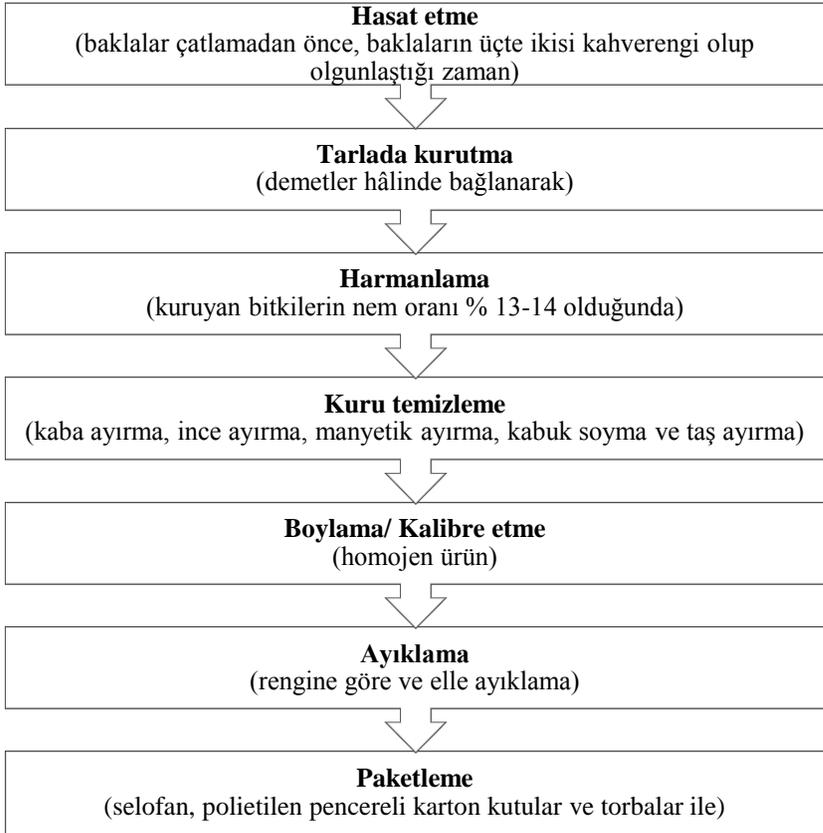
İşletmelerde ilk işlem olan, temizleme işlemi kuru olarak, ürünlerin fiziki özelliklerini iyileştirmek ve içindeki yabancı maddelerden arındırmak üzere sabit ve seyyar temizleme cihazlarında yapılır. Kuru temizleme ekipmanları genellikle ayrımı özgül ağırlığa göre yapar. Taneden daha hafif olan toz, kavuz ve diğer yabancı maddeler hava akımı vasıtasıyla uzaklaştırılır. Temizleme işlemi, kaba ayırma, ince ayırma, manyetik ayırma, kabuk soyma ve taş ayırma şeklinde uygulanır.

Temizlenen ürün, kalibre yani boylama işlemine tabi tutulur. Kalibre işlemi, belli standartta kaliteli üretim yapmak, talebe göre veya standartlara uygun şekilde boylama yapmak, boylama ile ürüne homojen bir yapı kazandırmak ve nihai tüketici açısından pişme zamanı konusunda ürünü standartlaştırmak amacıyla eleme makineleri ile yapılır.

Kalibrasyondan geçen ürünler, rengine göre ayıklama ve elle ayıklama işlemlerine tabi tutulur. Ülkemizde, bakliyat üretiminde renk ayıklama sistemi % 90'lara varan oranda kullanılmaktadır. Rengine göre ayıklama makinesi ile yabancı tohumların ve taş ayırıcıdan kaçan küçük taş parçacıklarının uzaklaştırılması, homojen renkte, temiz ve kaliteli bakliyat elde edilmesi sağlanmaktadır. Elle seçme işlemi ise, 5 ile 7 metre arasında değişen uzunluklardaki seçme bandının her iki tarafına oturan

seçmeciler tarafından hijyenik şartlarda yabancı madde ve bozuk taneleri seçmek üzere yapılır (MEB, 2013).

Son olarak, börülce taneleri, nemden ve böceklerden korunmak için selofan, polietilen (PE) pencereless karton kutular veya polietilen torbalar ile ambalajlanır. Börülcenin depolama ömrü, nem içeriğine bağlıdır. Nem içeriği ne kadar düşükse, depolamadaki tanelerin kalitesi de o kadar iyi olur. Börülce, uzun süreli depolama için % 8-9 nem oranında, kısa vadeli depolama için yaklaşık % 12 nem oranında saklanabilir (Directorate ve ARC, 2011; Gomez, 2004). Doğru zamanda hasat edilmiş, uygun şekilde temizlenmiş, kalibre edilmiş, ayıklanmış ve paketlenmiş börülcenin raf ömrü, temiz ve serin depolama şartlarında 2 yıl gibi uzun bir süredir.



Şekil 1. Kuru börülcenin üretim aşamaları

Kaynaklar

Directorate Plant Production, ARC, 2011. Production guidelines for cowpeas. Directorate Agricultural Information Services, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Private Bag X144, Pretoria, 0001 South Africa.

Gómez, C. 2004. Cowpea: Post-Harvest Operations. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2011. Kuru bakliyatlar ve tahıl tanelerinde kalibrasyon. Gıda Teknolojisi, 1-72.

Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2013. Yemelik dane baklagiller yetiştiriciliği (fasulye ve börülce). Tarım Teknolojileri, 31-49.

Ngalamu T., Odra, J., Tongun, N. 2014. Cowpea production handbook. College of Natural Resources and Environmental Studies, University of Juba.

<http://www.borulce.gen.tr>. Börülce besin değeri.

<http://www.tohumcu.org/>. Börülce yetiştiriciliği.

Ünlü, H., Padem, H. 2005. Nörülce (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının sulu ve kurak koşullarda verim ve kalite özelliklerine etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9-3, Tez.

TEKSTİL İŞLETMELERİ KARAR PROBLEMLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE ÇÖZÜMÜ

Solution of Textile Business Decision Problems with Multi Criteria Decision Making Methods

Hakan Murat ARSLAN

Giriş

Günümüzde işletmelerin karşı karşıya olduğu piyasa şartlarında hızlı, doğru ve yerinde karar verme hayatta kalmanın en önemli ilkesi haline gelmiştir. Özellikle yöneticilerin karar verme sürecinde etkin sorumlulukları vardır. Ancak çok değişkenli karar problemleri ile karşılaşıldığında doğru kararlar vermek oldukça zordur. Bu süreçte sayısal yöntemler karar vericilere olumlu yönde destek olabilirler. Çünkü yöneylem araştırması yöntemleri karar problemlerinin matematiksel modelinin oluşturulmasını ve ilgili model üzerinde sayısal işlem yapılmasını mümkün kılar. Bu destek sayesinde, kriterlere göre alternatifler değerlendirilirken hata yapılması ihtimali en aza inebilir.

Özellikle işletmeler en etkin veya verimli teçhizatın alınması problemlerinde doğru ve yerinde karar vermek durumundadırlar. Karar verici konumundaki yöneticiler birden fazla ihtimali kıyaslamaya yarayan kriterleri dikkate almak durumundadırlar. Birden fazla değişkenin veya kriterin karar verilmesini etkilediği bu türden problemlerin çözümünde ÇKKV yöntemleri en etkin destekçi olarak kabul edilirler.

Bu çalışmada, ÇKKV yöntemlerine değişik bir bakış açısıyla alternatif olarak geliştirilen EDAS (Evaluation Based on Distance from Average Solution) yöntemi kullanılmıştır. EDAS yöntemi, 2015' te Ghorabae ve çalışma arkadaşları tarafından ilk defa ortaya atılmış ve geçerliği ispatlanmıştır (Ghorabae ve Diğ., 2015). Bu yöntem, alternatiflerin kriterlere göre kıyaslanmasında ortalama çözüm yolunu dikkate alır. Çalışmanın uygulama bölümünde bir kadife dokuma atölyesi için en etkin dokuma makinesi seçimi problemi çözümlenmeye çalışılmıştır. AHP ve EDAS yöntemleri ayrı kullanılmıştır. Çalışmanın en önemli amaçları arasında, EDAS yönteminin yerli literatürde özellikle tekstil işletmeleri karar problemlerinde kullanılabileceği konusunda farkındalık oluşturmaktır.

Çalışmada öncelikle en etkin dokuma makinesinin bilimsel yöntemlerle tespit edilmesi gerektiği temel düşüncesi ile ilgili işletmenin yöneticileri ile literatür taranmıştır. Böylelikle karar probleminin kriterleri ve alternatifleri tespit edilmiştir. Karar problemine ait temel veriler ile en etkin dokuma makinesinin seçimine ait model oluşturulmuş ve bu model AHP ve EDAS yöntemleri ile ayrı ayrı analiz edilmiştir.

Çalışmanın sırasıyla gelen ikinci bölümünde tekstil işletmelerine ait karar problemlerinin ÇKKV yöntemleri ile analizini ve değerlendirilmesini içeren literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde

tekstil işletmelerinin önemli problemleri arasında yer alan en etkin teçhizat ve makine seçiminde ÇKKV yöntemlerinin uygulanmasına dair bir araştırma bulunmaktadır. Dördüncü ve son bölümde ise, uygulama bölümünün sonuçları yorumlanmış ve ilgili işletme ile paylaşılmıştır. Ayrıca ileride bu konuda yapılabilecek çalışmalar için tavsiyelerde bulunulmuştur

2. Literatür Taraması

Son zamanlarda işletmeler etkin yönetim için gerekli olan çok kriterli verileri yorumlarken ve değerlendirirken zorluk yaşamaktadırlar. Bu tür çok kriterli karar problemleri karşısında bilimsel yaklaşımların kullanılması işletmeler arasında rekabet üstünlüğü sağlayacaktır. Hali hazırda ki ekonomik koşullar düşünüldüğünde, İşletmelerin diğer rakiplerine göre üstün olma durumu önemli bir ayrıcalıktır. Bu sebeple son zamanlarda işletmeler birden fazla kriterin ve alternatifin var olduğu karar problemlerinde sıklıkla ÇKKV yöntemlerini kullanmaktadır.

Karar problemlerinin çözümünde temel amaç en uygun çözümün veya çözümler kümesinin sunulmasıdır (Tulunay, 1991: 32). ÇKKV yöntemleri de kriterler ve alternatifler belli iken karar vericilerin tutarlı kıyaslamaları neticesinde en uygun çözümü amaçlamaktadırlar (Baysal ve Tecim, 2006: 2). Karar problemlerinin en önemli unsurları olan kriterler, alternatiflerin amaca göre sıralanmasını ve değerlendirilmesini sağlayan öğelerdirler (Lai and Hwang, 1994: 41).

Bu öğeler karar vericilerin tutarlı karşılaştırmaları ile birleştiğinde, doğru ve yerinde kararın verilebilmesi için uygun koşullar sağlanmış olur. ÇKKV yöntemlerinde karar vericiler öncelikle kriterleri kendi arasında kıyasladıktan sonra alternatifleri kriterlere göre değerlendirmelidirler (Jahanshahloo ve Izadikhah, 2006: 1548).

Çalışmanın konusu olan tekstil işletmelerinde teçhizat alımı karar problemlerinde ÇKKV yöntemlerinin kullanımına dair yabancı literatür incelendiğinde daha çok CNC makineleri gibi elektronik ve 3D makinelerin ÇKKV yöntemleri ile seçimine yer verilmiştir (Taha ve Rostam, 2012; Dawal vd., 2013; Nguyen vd., 2014; Wu vd., 2016). Yerli literatür incelendiğinde ise makine çeşitliliği artmakta ancak tekstil işletmeleri için daha çok dikiş makinelerinin optimum seçimi üzerine odaklanıldığı görülmektedir (Ertuğrul ve Öztaş, 2015; Ulutaş, 2017). Yapılan literatür incelemesinde kadife dokuma işletmelerinin ihtiyacı olan en etkin dokuma makinesinin seçilmesi ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır.

2.1. AHP Yöntemi İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) 1970'li yıllarda Pensilvanya Üniversitesinde görev yapan Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş ve karar problemlerinde kullanılan çok kriterli karar yöntemidir (Saaty ve

Niemira, 2006: 1). AHP literatürde sıklıkla çalışılmıştır ve özellikle son 20 yılda çok kriterli karar verme problemlerinin büyük bir kısmının çözümünde kullanılmıştır (Ho, 2008: 211). Bunun en büyük sebebi, uygulamasının kolaylığı ve kolay kavranabilir olmasıdır. Aşağıda AHP ile ilgili yapılmış çalışmalardan bir kısmı verilmiştir.

(Sliogerience vd., 2013: 14), Litvanya’da en verimli yenilenebilir enerji sisteminin seçimi probleminde AHP ve ARAS yöntemlerini uygulamışlar ve alternatifler arasından en verimli yenilenebilir enerji sistemini tespit etmişlerdir.

(Zavadskas vd., 2015: 144), Baltık Denizi sahilinde sınırlı bir bölgede en uygun liman yerleşimi probleminde AHP ve Fuzzy ARAS yöntemlerini ayrı ayrı kullanarak optimum tesis yerini belirlemişlerdir.

(Athawale ve Chakraborty, 2010), bir işletme için gerekli olan CNC makinesinin belirlenmesinde AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır.

(Güner, 2003), bir tekstil işletmesinin ihtiyacı olan en etkin fason işletmeyi alternatifler arasından AHP yöntemini kullanarak belirlemiştir.

(Tam ve Tummala, 2001), iletişim sektöründe tedarikçi seçimi için AHP yöntemini kullanmışlar ve bu uygulamalarında maliyeti ve ürün kalitesini tedarikçi seçiminde en etkili unsurlar olarak kabul etmişlerdir.

(Yurdakul, 2004) krediye ihtiyacı olan işletmelerin değerlendirilmesi aşamasında AHP yöntemini kullanmış ve kredi başvurusunda bulunan işletmelerin pazar payları, tesis yeri, yönetim şekilleri, üretim faaliyetleri ve işletmelerin hukuksal yapıları gibi unsurları kriterler olarak dikkate almıştır.

(Kamal ve Harbi, 2001), AHP yöntemini etkin karar verme yolu olarak proje yönetim sürecinde kullanmışlardır. Çalışmalarında hâlihazırdaki tedarikçileri alternatifler olarak kabul ederek, proje için işletmenin tedarikçilerden beklentilerini ve ona göre değerlendirilmesi işlemlerini hiyerarşik yapı izleyerek belirlemişlerdir.

2.2. EDAS Yöntemi İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatür incelendiğinde EDAS yöntemi ÇKKV metotları arasında yeni bir yaklaşım olmasına karşılık birçok karar probleminin analizi ve değerlendirilmesinde kullanıldığı görülmektedir. Bu yöntem ilk defa 2015’ te Ghorabae ve çalışma arkadaşları tarafından bir işletmenin envanter kalemlerinin sınıflandırılmasında kullanılmıştır. Çalışmalarında 47 envanter kalemini üç farklı kritere göre kıyaslamışlardır. EDAS yöntemi ile elde edilen bulgular önceden ilgili envanter kalemlerinin sınıflandırılması için uygulanmış altı ÇKKV yönteminin bulguları ile karşılaştırılarak nihai değerlendirilme yapılmıştır. Bu değerlendirme aynı zamanda yöntemin geçerliğini kanıtlar mahiyettedir. Çünkü diğer yöntemlerin sonuçları ile tutarlılık göstermiştir (Ghorabae ve diğ., 2015).

(Ghorabae ve diğ., 2016), bulanık EDAS yönteminin uygulamasını içeren çalışmayı bir deterjan üretim işletmesinde gerçekleştirmişlerdir. Üretim işletmesi deterjan imalatı için gerekli kimyasalları tedarik etmek istemektedir. Çalışmada beş uzman yönetici karar verici olarak kabul edilmiştir. Tedarikçi beş firma altı ana kritere göre değerlendirilmiştir. Ayrıca, araştırmacılar alt kriterler için farklı ağırlıklar vererek optimum çözüm için denemeler yapmışlardır.

(Peng ve Liu, 2017), çalışmalarında EDAS yöntemi ile nütrosifik mantık anlayışını birleştirmeyi denemişlerdir. Bu denemelerinde tek değerli nütrosifik sayıların sözel belirsizlikler üzerinde ki kullanımını düşünerek EDAS yöntemi ile birlikte kullanmışlar ve güncel bir örnek üzerinde kullandıkları yöntemin geçerliğini kanıtlamışlardır.

Bir kısım araştırmacılar EDAS yöntemi ile sezgisel bulanık mantık anlayışını birleştirerek sezgisel bulanık EDAS yöntemini ortaya atmışlardır. Örneğin (Kahraman ve Diğ., 2017) çalışmalarında bir işletme için gerekli olan katı atık imha tesis yerinin belirlenmesinde sezgisel bulanık EDAS yöntemini kullanmışlardır. Çalışmanın geçerliği açısından önemli olan üç farklı EDAS yöntemini kullanarak üç alternatif üç kritere göre değerlendirilmiş ve sonuçlarda tutarlık izlenmiştir.

(Ghorabae ve Diğ., 2017), inşaat sektöründe alt taşeron firmaların belirlenmesinde bulanık sayılar ile EDAS yönteminin birleştirilmesi sonucu oluşan bulanık EDAS yöntemini kullanmışlar ve sekiz alternatif arasından en verimli olanlar yedi kritere göre belirlenmiştir. Bu değerlendirme sürecinde ilgili işletmenin üç yöneticisi karar verici olarak kabul edilmiştir.

(Stanujkic ve Diğ., 2017) sözel ifadelerin belirsizliğinin kaldırılmasında sıklıkla kullanılan gri sayılar ile EDAS yöntemini birleştirerek Gri-EDAS yöntemini ilk defa ortaya atmışlardır. Çalışmalarında, bir inşaatın yapımı için belirlenecek en uygun müteahhit firmanın tespiti amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda beş müteahhit firma dört kritere göre karşılaştırılarak optimum sonuca ulaşılmıştır.

Bu çalışmada EDAS yöntemi, bir kadife dokuma işletmesi için en etkin dokuma makinesinin belirlenmesinde kullanılacaktır.

3. Uygulama: Tekstil İşletmeleri Karar Problemlerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Çözümü

3.1. Metodoloji

Çalışma, AHP ve EDAS yöntemleri ile kadife dokuma işletmelerinde en etkin dokuma makinesinin belirlenmesi esası üzerine kurgulanmıştır. En etkin dokuma makinesinin tespit edilmesi probleminde ki kriterlerin ağırlıkları karar vericilerin ortak görüşleri ile belirlenmiştir. Kriterler ve alternatifler AHP ve EDAS yöntemlerinin çözüm adımları göz önüne alınarak karşılaştırılmış ve tutarlı bulgular elde edilmiştir. Çözüm için

oluşturulan modelin hesaplamalarında Microsoft Excel programı ve Super Decision programları kullanılmıştır. Karar vericiler olarak ilgili işletmenin yetkilileri kabul edilmiştir.

İlgili Karar Probleminin Kriterleri

K1:Fiyat

K2: Çözgü Eni Çeşitliliği

K3: Devir Hızı

K4: Yetkili Servis Sayısı

K5: Üretim Çeşitliliği, olmak üzere beş adettir.

İlgili Karar Probleminin Alternatifleri

A1: Van De Wille

A2: Günne

A3: Güsken

3.2. AHP ve EDAS Yöntemleri

3.2.1. AHP Yöntemi

AHP yönteminin yapısında; kriterler, alt kriterler ve alternatifler karar vericiler tarafından birlikte değerlendirilerek hiyerarşik bir süreç içinde ifade edilirler. Bu süreçte ikili kıyaslamalarla her bir kriterin önem derecesi tespit edilmekte ve bütün alternatiflerin ilgili kriterlere göre öncelikleri değerlendirilmektedir (Triantaphyllou, 1995).

(Saaty, 1986) çalışması ile ilk olarak literatüre kazandırılan bu yöntemin adımları aşağıda belirtilmiştir (Kamal ve Harbi, 2001);

1. Problem ve amacı açık bir şekilde ifade edilmelidir.
2. Amaca ulaşılacak ana ve alt kriterler tespit edilmelidir.
3. Alternatifler ve kriterler kıyaslanırken Tablo 1' de ifade edilen derecelendirme sistemi kullanılmalıdır. Oluşan matrisler Tablo 2' deki ikili kıyaslama ölçeğine göre belirlenmelidir (Saaty, 1986).
4. Kriterlere ait kıyaslama matrisinin normalize edilebilmesi için sütun değerleri toplamı belirlenir ve her bir eleman ilgili toplam değere bölünerek normalizasyon işlemi yapılır.
5. Alternatif ve kriterlere ait normalize matrisin satır toplamları bulunur ve öncelik vektör matrisi oluşturulmalıdır.
6. Öncelik matrisindeki her kriter ya da alternatifte ait öncelik değerleri ilgili kriterin veya alternatifin kıyaslama matrisinde ki sütun değerleri ile çarpılır ve ağırlıklandırılmış matris bulunur.
7. Ağırlıklandırılmış matrisin satır elemanları tek tek öncelik matrisinin satır değerleri ile oranlanır ve bulunan (nx1) boyutundaki matrisin her elemanının aritmetik ortalaması alınır. Böylelikle kriter ve alternatiflere ait öncelikler tespit edilir.
8. Tutarlılık indeksi belirlenirken önce (CI) değerinin tespit edilmesi gereklidir (Saaty, 1990).

$$CI = (\lambda \max - n)/(n-1)$$

CI: Tutarlılık İndeksi

9. Tablo 1' de ifade edilen rassallık değerleri ile CI' nın birlikte yorumlanması sonucunda tutarlılık değeri bulunabilir (Saaty, 1980: 21).

(CR =CI/RI) CR: Tutarlılık Göstergesi RI: Rassallık Göstergesi

AHP yöntemi ile gerçekleştirilen hesaplamalar neticesinde tutarlılık değeri 0.1' i geçemez. Bulunan değer 0.1' den daha büyük ise kriterlere ait ikili kıyaslama matrisi tekrar gözden geçirilerek gerekli ise düzeltmeler yapılır ve sonraki adımlara geçilir.

Tablo 1: Ortalama Rassel Tutarlılık (RI) Tablosu

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| R | 0 | 0 | 0.58 | 0.9 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 | 1.51 | 1.48 | 1.56 | 1.57 | 1.59 |

Kaynak: (Saaty, 1980)

Tutarlılık değeri eğer 0,1'den küçük ise karar vericiler tarafından kriterler için yapılan değerlendirmelerin tutarlı olduğu kabul edilir (Saaty, 1990).

Tablo 2: Kriterlerin İkili Karşılaştırma Ölçeği

| Değer | Tanım | Acıklama |
|-------------------|------------------------------|---|
| 1 | Eşit Derecede Önemli | İkili karşılaştırmanın eşit olduğu kabulü |
| 3 | Çok daha az önemli | Bir işlemin diğerine göre biraz daha fazla tercih edilir olması |
| 5 | Kuvvetli derecede önemli | Bir işlemin diğerine göre çok daha fazla tercih edilir olması |
| 7 | Çok kuvvetli derecede önemli | Bir işlemin diğerine göre çok kuvvetli şekilde tercih edilir olması |
| 9 | Mutlak önemli | Bir işlemin diğerine göre en yüksek derecede tercih edilir olması |
| 2, 4, 6, 8 | Arada olan değerler | 1-3,3-5,5-7,7-9 arasında ki değerlerler |
| Tersleri | Tersi Karşılaştırma | |

Kaynak: (Saaty, 1986)

3.2.2. EDAS Yöntemi

2015'te Ghorabae ve arkadaşlarının bir çalışması olan EDAS (Evaluation Based on Distance from Average Solution) yöntemi altı aşamada ifade edilebilir (Ghorabae ve Diğ., 2015);

1. Aşama: Temel Karar Matrisinin (Y) Oluşturulması

Aşağıdaki eşitlik (1) ile gösterilen matris temel verilerden oluşan karar matrisidir.

$$Y = [Y_{ij}]_{n \times m} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1m} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nm} \end{bmatrix}$$

(1)

2. Aşama: Kriterlere Ait Değerlerin Ortalamalarının Alınması

Kriterlere ait ortalamalar aşağıda ifade edilen eşitlik (2) ve (3)'te gösterildiği gibi yapılır.

$$AV = [AV_j]_{1 \times m} \quad (2)$$

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{ij}}{n} \quad (3)$$

3. Aşama: Ortalamadan Pozitif Uzaklık Matrisi (PDA) ve Ortalamadan Negatif Uzaklık Matrisinin (NDA) Hesaplanması

Ortalamadan pozitif ve negatif uzaklıklar aşağıda belirtilen eşitlik (4) ve (5) yardımı ile hesaplanabilir.

$$PDA = [PDA_{ij}]_{n \times m} \quad (4)$$

$$NDA = [NDA_{ij}]_{n \times m} \quad (5)$$

Eğer kriter fayda konumunda ise, pozitif ve negatif uzaklıklar aşağıdaki (6) ve (7) eşitlikleri ile hesaplanır.

$$(6) \quad PDA_{ij} = \frac{\max(0, (Y_{ij} - AV_j))}{AV_j}$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - Y_{ij}))}{AV_j} \quad (7)$$

Eğer kriter maliyet konumunda ise, aşağıdaki (8) ve (9) eşitliği uygulanabilir.

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - Y_{ij}))}{AV_j} \quad (8)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (Y_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (9)$$

4. Aşama: Bütün Alternatifler için SPi ve SNi Değerlerinin Hesaplanması

SPi, i. alternatifin ağırlıklı toplam pozitif değerini ve SNi, i. alternatifin ağırlıklı toplam negatif değerini göstermektedir. Bu değerler eşitlik (10) ve (11) kullanılarak bulunabilir.

$$SP_i = \sum_{j=1}^m w_j \times PDA_{ij} \quad (10)$$

$$(11) \quad SN_i = \sum_{j=1}^m w_j \times NDA_{ij}$$

5. Aşama: Bütün Alternatifler için NSP_i ve NSN_i Değerlerinin Hesaplanması

NSP_i ve NSN_i Değerleri aşağıdaki (12) ve (13) eşitlikler yardımı ile normalize edilir.

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max_i(SP_i)} \quad (12)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max_i(SN_i)} \quad (13)$$

6. Aşama: Her Bir Alternatif için Değerlendirme Performansları AS_i Değerinin Bulunması

AS_i değeri aşağıdaki eşitlik (14) ile hesaplanabilir.

$$AS_i = \frac{1}{2} \times (NSP_i + NSN_i) \quad (14)$$

En büyük değerlendirme performansına sahip alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir.

3.3. AHP Yöntemi ile En Etkin Dokuma Makinesinin Belirlenmesi

1. Adım: Temel Veri Setinin İfade Edilmesi

Tablo 3. Temel Veri Matrisi

| | K1 (min.) TL*(1000) | K2 (max.) Adet | K3 (max.) Adet/dk. | K4 (max.) Adet | K5 (max.) Adet |
|-------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| A1 (Van De Wille) | 180 | 4 | 180 | 124 | 3 |
| A2 (Günne) | 70 | 3 | 140 | 63 | 2 |
| A3 (Güsken) | 50 | 2 | 150 | 52 | 2 |

İlgili işletmenin ihtiyacı olan dokuma makinelerine ait elde edilen bilgilere göre alternatiflerin kriterlere göre aldıkları sayısal değerler Tablo 3'de ifade edilmiştir. Tablo 3' de, örneğin; A3 (Güsken) alternatifinin K3 (Devir Hızı) karşısındaki performansın dakikada 150 devir olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca Tablo 3'de, kriterlerin analiz aşamasında maksimum veya minimum olarak değerlendirilme durumları belirtilmiştir.

2. Adım: Kriterlerin Karşılaştırılması

AHP yönteminin öncelikli adımı olan kriterler karşılıklı olarak Tablo 4' te ifade edildiği gibi karşılaştırılmıştır.

Tablo 4. Kriterlerin Karşılaştırılması

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 1.00 | 4.00 | 3.00 | 5.00 | 2.00 |
| 2 | 0.25 | 1.00 | 0.50 | 2.00 | 0.33 |
| 3 | 0.33 | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 0.50 |
| 4 | 0.20 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 0.33 |
| 5 | 0.50 | 3.00 | 2.00 | 3.00 | 1.00 |

Tablo 4' te örneğin; K5 kriteri K2 kriterine göre çok daha az önemli olduğu ifade edilmektedir.

3. Adım: Kriterlerin Normalize Edilmesi

Normalize edilmiş kriter değerleri Tablo 5' te ifade edilmiştir.

Tablo 5. Normalize Edilmiş Kriterler

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 0.44 | 0.38 | 0.43 | 0.38 | 0.48 |
| 2 | 0.11 | 0.10 | 0.07 | 0.15 | 0.08 |
| 3 | 0.14 | 0.19 | 0.14 | 0.15 | 0.12 |
| 4 | 0.09 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.08 |
| 5 | 0.22 | 0.29 | 0.29 | 0.23 | 0.24 |

4. Adım: Kriterlerin Ağırlıklarının İfade Edilmesi

Tablo 6' da her bir kriterine ait ağırlıklar belirtilmiştir.

Tablo 6. Kriterlerin Ağırlıkları

| | | |
|----------|----------|------|
| 1 | K | 0.42 |
| 2 | K | 0.10 |
| 3 | K | 0.15 |
| 4 | K | 0.08 |
| 5 | K | 0.25 |

AHP yöntemi ile yapılan analizler neticesinde tutarsızlık indeks değerinin 0.034 olduğu görülmüştür. Bu değer 0.1 den küçük olması karar vericilerin kriterler ile ilgili yaptıkları değerlendirmelerin tutarlı olduğunun göstergesidir.

5. Adım: Alternatiflerin Kriterlere Göre Sıralanması

Tablo 7. Alternatiflerin Kriterler Bazında Öncelik Sıralaması

| Alternatifler | Değerleri | Nihai Sıralama |
|-------------------|-----------|----------------|
| A3 (Güsken) | 0.837 | 1. |
| A2 (Günne) | 0.329 | 2. |
| A1 (Van De Wille) | 0.065 | 3. |

Tablo 7 dikkatle incelendiğinde AHP yöntemi ile gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre 0.837 değeri ile birinci sırada A3(Güsken), 0.329 değeri ile ikinci sırada A2 (Günne) ve üçüncü sırada A1 (Van De Wille) dokuma makinesi olmuştur.

3.4. EDAS Yöntemi ile En Etkin Dokuma Makinesinin Belirlenmesi

1. Adım: Temel Veri Setinin İfade Edilmesi

Öncelikle EDAS yönteminin uygulanabilmesi için temel veri setinin ifade edilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu veri setinde yer alan kriterlerin fayda veya maliyet unsurlarını içerip içermediği ve kriterlerin ağırlıkları belirtilmelidir. Tablo 8’ de yukarıda açıklandığı şekilde ayrıntılı temel veri seti ifade edilmiştir.

Tablo 8. Ayrıntılı Temel Veri Matrisi

| | K1 (min.) TL*(1000) (Maliyet) | K2 (max.) Adet (Fayda) | K3 (max.) Adet/dk. (Fayda) | K4 (max.) Adet (Fayda) | K5 (max.) Adet (Fayda) |
|-------------------|---|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| A1 (Van De Wille) | 180 | 4 | 180 | 124 | 3 |
| A2 (Günne) | 70 | 3 | 140 | 63 | 2 |
| A3 (Güsken) | 50 | 2 | 150 | 52 | 2 |
| Ağırlıklar | 0.42 | 0.10 | 0.15 | 0.08 | 0.25 |

1. Adım: Ortalama Performansların İfade Edilmesi

İkinci adımda her bir alternatif için kriterler bazında toplam değerleri ve ortalama performansları belirtilmelidir. Tablo 9’da yukarıda ifade edildiği şekilde performanslar tespit edilmiştir.

Tablo 9. Alternatiflere Ait Ortalama Performanslar

| | K1 (min.) TL*(1000) Maliyet | K2 (max.) Adet Fayda | K3 (max.) Adet/dk. Fayda | K4 (max.) Adet Fayda | K5 (max.) Adet Fayda |
|--------------------------|--|---|---|---|---|
| A1 (Van De Wille) | 180 | 4 | 180 | 124 | 3 |
| A2 (Günne) | 70 | 3 | 140 | 63 | 2 |
| A3 (Güsken) | 50 | 2 | 150 | 52 | 2 |
| Toplam | 300 | 9 | 470 | 239 | 7 |
| Ortalama | 100 | 3 | 157 | 80 | 2.4 |

2. Adım: Pozitif Uzaklıklar Matrisinin İfade Edilmesi

Tablo 10. Pozitif Uzaklıklar Matrisi

| | K1 (min.) TL*(1000)) Maliyet | K2 (max) Adet Fayda | K3 (max Adet/dk Fayda | K4 (max Adet Fayda | K5 (max Adet Fayda |
|--------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| A1 (Van De Wille) | 0.00 | 0.33 | 0.15 | 0.55 | 0.25 |
| A2 (Günne) | 0.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| A3 (Güsken) | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

3. Adım: Negatif Uzaklıklar Matrisinin ifade Edilmesi

Tablo 11. Negatif Uzaklıklar Matrisi

| | K1 (min.) TL*(1000)) Maliyet | K2 (max.) Adet Fayda | K3 (max.) Adet/dk. Fayda | K4 (max.) Adet Fayda | K5 (max.) Adet Fayda |
|--------------------------|--|-------------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| A1 (Van De Wille) | 0.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| A2 (Günne) | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.21 | 0.17 |
| A3 (Güsken) | 0.00 | 0.33 | 0.04 | 0.35 | 0.17 |

4. Adım: Sonuç Değerlerinin İfade Edilmesi ve Alternatiflerin Sıralanması

Tablo 12' de her bir alternatife ait ağırlıklı toplam pozitif uzaklıklar (SPi), ağırlıklı toplam negatif uzaklıklar (SNi), normalize edilmiş ağırlıklı toplam pozitif uzaklıklar (NSPi), normalize edilmiş ağırlıklı toplam negatif uzaklıklar (NSNi) ve Ortalama skorları (ASi) değerleri belirtilmiştir.

Tablo 12. Alternatiflerin Nihai Sıralaması

| | SPi | SNi | NSPi | NSNi | ASi | Sıralama |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| A1 (Van De Wille) | 0.162 | 0.336 | 0.176 | 0 | 0.088 | 3. |
| A2 (Günne) | 0.126 | 0.076 | 0.136 | 0.773 | 0.455 | 2. |
| A3 (Güsken) | 0.920 | 0.110 | 1.000 | 0.673 | 0.837 | 1. |

3.5. Bulgular ve Yorumlar

İlgili tekstil işletme için en etkin dokuma makinesinin belirlenmesine yönelik karar probleminin çözümünde AHP ve EDAS yöntemleri ayrı ayrı kullanılmış ve elde edilen bulguların birbirlerini destekleyici mahiyette olduğu gözlenmiştir. Çalışmada AHP ve EDAS yöntemleri ile gerçekleştirilen analizler sonucunda alternatif dokuma makinelerinin sıralaması; A3 (Güsken), A2 (Günne) ve A1 (Van De Wille) olmuştur.

Ancak kriterlere ait ağırlıklar incelendiğinde K1 (Fiyat) kriterine ait ağırlığın 0.42 olduğu görülmektedir. Bu değer analiz aşamalarını büyük oranda etkilemiştir. Karar vericiler ile yapılan ikili görüşmeler neticesinde işletmenin finansal imkânlarının kısıtlı olması nedeni ile kriterleri karşılaştırırken K1 kriterini öncelikli olarak değerlendirdiklerinden A1 (Güsken) dokuma makinesi diğer alternatiflere göre sıralamada ön plana çıktığı gözlemlenmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Tekstil sektörü Türkiye ekonomisi için çok önemli faaliyet türlerindedir. Tekstil işletmelerinin yönetiminde karşılaşılan karar problemlerinin hatasız veya en az hata payı ile çözümlenmesinin ülke ekonomisine olumlu yönde yansımaları olacaktır. Dolayısı ile tekstil sektörü içinde yadsınamayacak bir paya sahip olan kadife dokuma işletmelerinin karar problemlerinin bilimsel yöntemlerle çözümlenmesi toplumsal fayda açısından çok önemlidir.

Bu çalışmada özellikle tekstil işletmelerinin teçhizat alımına ait planlamalarda önemli yeri olan en etkin makinenin belirlenmesi probleminde ÇKKV yöntemleri ile çözüm aranmıştır. Uygulamada AHP ve EDAS yöntemleri tercih edilmiştir.

İlgili literatür taramasından anlaşılacağı üzere, tekstil sektörü işletmelerinin en etkin makine veya teçhizat seçiminde ÇKKV yöntemlerinin kullanımına dair çalışma yok denecek kadar azdır. Literatürde ki bu boşluğun giderilmesi açısından ve yeni ÇKKV yöntemlerinden EDAS yönteminin tekstil sektörü karar problemlerinde uygulanması bilimsel açıdan önemlidir.

Araştırmacılar ve işletme yöneticileri çok detaylı hesaplamalar ve karmaşık programlar gerektirmeyen EDAS yöntemini karşılaştıkları karar problemlerinde kolaylıkla kullanabilirler.

Çalışmanın bulguları yorumlanmış ve nihai sonuçları ilgili işletme yöneticileri ile paylaşılmıştır. Gelecek çalışmalarda, daha karmaşık tekstil sektörü karar problemlerinin çözümünde bulanık mantık, yapay zekâ veya hibrit yöntemlerden yararlanılabilir.

KAYNAKÇA

Athawale, V. M., Chakraborty, S., (2010). A TOPSIS Method-Based Approach to Machine Tool Selection, International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 9-10 January, Bangladesh.

Baysal, G. ve Tecim, V. (2006), Katı Atık Depolama Sahası Uygunluk Analizinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Çok Kriterli Karar Yöntemleri İle Uygulaması, 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul.

Dawal, S. Z. M., Yusoff, N., Nguyen, H. T. and Aoyama, H., (2013). Multi-attribute decision-making for CNC machine tool selection in FMC based on the integration of the improved consistent fuzzy AHP and TOPSIS, ASEAN Eng J Part A, Vol. 3, No. 2, 15-31.

Ertuğrul, I.ve Öztaş, T. (2015). The Application of Sewing Machine Selection with the Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis Method (MOORA) in Apparel Sector, Journal of Textile and Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon, Vol. 25, No. 1, 80-85.

Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh, F. and Izadikhah, M. (2006), Extension of the TOPSIS Method for Decision Making Problems with Fuzzy Data, Applied Mathematics and Computation, 181,1544-1551.

Ghorabae, M. K., Zavadskas, E. K., Olfat, L., Turskis, Z., (2015). Multi-Criteria Inventory Classification Using A New Method Of Evaluation Based On Distance From Average Solution (EDAS), Informatica, Vol. 26, No. 3, 435-451.

Ghorabae, M. K., Zavadskas, E. K., Amiri, M. and Turskis, Z., (2016). Extended EDAS Method For Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making: An Application To Supplier Selection, International Journal of Computers Communications and Control, Vol.11, No. 3, 358-371.

Ghorabae, M. K., Amiri, M., Zavadskas, E. K. and Turskis, Z., (2017). Multi-Criteria Group Decision-Making Using An Extended

EDAS Method with Interval Type-2 Fuzzy Sets, *Economics and Management*, Online Erişim: 20 Mart 2017, ISSN: 2336-5604, Doi: 10.15240/tul/001/2017-1-004.

Güner, M. (2003). Analitik Hiyerarşi Yönteminin Fason İşletme Seçiminde Kullanılması, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, Sayı. 4

Ho, W., (2008). Integrated Analytic Hierarchy Process and Its Applications-A Literature Review, *European Journal of Operational Research*, 186, p.211-228

Kahraman, C., Ghorabae, M. K., Zavadskas, E. K., Onar, S. C., Yazdani, and M., Oztaysi, B., (2017). Intuitionistic Fuzzy EDAS Method: An Application To Solid Waste Disposal Site Selection, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol. 25, No. 1, 1-12.

Kamal, M. A. and Suphi, A.H., (2001). An Application of AHP in Project Management, *International Journal of Project Management*, 19: 19-27.

Lai, Young-Jou and Hwang, Ching-Lai (1994). Fuzzy Multiple Objective Decision Making Methods And Applications, *Lecture Notes In Economics And Mathematical Systems*, 404, Berlin: Springer- Verlag.

Nguyen, H. T., Dawal, S. Z. M., Nukman, Y., Aoyama, H., (2014). A hybrid approach for fuzzy multi-attribute decision making in machine tool selection with consideration of the interactions of attributes, *Expert Systems with Applications*, Vol. 41, No. 6, 3078-3090.

Peng, X., Liu, C., (2017). Algorithms For Neutrosophic Soft Decision Making Based On EDAS, New Similarity Measure And Level Soft Set, *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, Vol. 32, No. 1, 955-968.

Sliogerience, J., Turskis, Z., and Streimikiene, D. (2013). Analysis and Choice of Energy Generation Technologies: The Multiple Criteria Assessment on the Case Study of Lithuania, *Energy Procedia*, 32, 11-20.

Stanujkic, D., Zavadskas, E. K., Ghorabae, M. K., Turskis, Z., (2017). An Extension of the EDAS Method Based on the Use of Interval Grey Numbers, *Studies in Informatics and Control*, Vol. 26, No.1, 5-12.

Saaty, T.L., (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, USA, McGraw Hill.

Saaty, T.L., (1986). Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, 32 (7), 841-855.

Saaty, T.L., (1990). How to Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48 (1) , 9-26.

Saaty, T.L., Niemira, M.P., (2006), A framework for making a better decision, *Research Review*, 13(1)

Tam, M.C.Y., Tummala, V.M.R., (2001). An Application of The AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System, *Omega*, Vol. 29, No: 2, 171-182

Taha, Z., Rostam, S., (2012). A Hybrid Fuzzy AHP-PROMETHEE Decision Support System for Machine Tool Selection in Flexible Manufacturing Cell, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 23, No. 6, 2137-2149.

Triantaphyllou, E., Mann, S.H., (1995). Using the Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges, *International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, Cilt 2, No 1, 35-44,

Tulunay, Y. (1991), *Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları*, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları, No: 244, Renk-ış Matbaası, İstanbul

Ulutaş, A., (2017). EDAS Yöntemi Kullanılarak Bir Tekstil Atölyesi İçin Dikiş Makinesi Seçimi, *Journal of business Research Türk*, Doi: 10.20491/isarder.2017.266

Wu, Z., Ahmad, J., Xu, J., (2016). A Group Decision Making Framework Based on Fuzzy VIKOR Approach for Machine Tool Selection with Linguistic Information, *Applied Soft Computing*, Vol. 42, 314-324.

Yurdakul, M., (2004). Makine Takım Seçimi için Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanımı, *Journal of Materials Processing Technology*, 146, 365-376.

Zavadskas, E.K., Turskis, Z. And Antucheviciene, J. (2015). Selecting a Contractor by Using a Novel Method for Multiple Attribute Analysis: Weighted Aggregated Sum Product Assessment with Grey Values, *Studies in Informatics and Control*, 24 (2): 141-150

UÇAKLARIN EXTERNAL POWER ÜNİTESİNİN SCADA İLE ENTEGRASYONU

Mehmet KONAR* & Furkan İŞBİLEN**

6. Giriş

Günümüzde konforlu ve hızlı ulaşımın başında hava taşımacılığı gelmektedir. Bu taşımacılığın başarılı sayılabilmesi için gerekli olan en önemli kriter güvenlidir. Hava araçlarının güvenli bir şekilde seyrüsefer gerçekleştirmesine etki eden en önemli faktörlerden biri ise hava aracının bakımudur. Uçuş güvenliği için bakım faktörünün iyi ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi önemlidir.

Havacılık işletmeleri hiç şüphe yok ki kar amacıyla işletilen şirketlerdir. Fakat kar marjını yükseltirken güvenliğin alınmaması şirketlere prestij kaybı, müşteri kaybı ve nitelikli iş gücü gibi kayıplarla daha fazla zarar ettirmektedir. İstenmeyen durumları azaltmak, uçuş ve bakım güvenliğini arttırmak gibi birçok faktör göz önüne alınarak, havacılığa pek çok güvenlik yönetmelikleri yayınlanmakta ve sıkı denetlemeler yapılmaktadır.

Hava aracı bakımları hangarda ya da apronda yapılmaktadır. Bu bakımlar esnasında gerekli sistemleri beslemek için hava aracının enerjilenmesi gerekmektedir. Hava araçları bakım esnasında Auxiliary Power Unit (APU) veya External Power Unit (EPU) ile enerjilendirilebilmektedir. Ekonomik ve çevresel unsurlar göz önünde bulundurulduğunda ise bakım esnasında daha çok EPU kullanılmaktadır (TTS, 2011).

Bu çalışmada, hangarlarda çokça kullanılan EPU'ların bakım esnasında aktif ve deaktif edilmesinde oluşabilecek sorunları en aza indirmek için alternatif bir yaklaşım sunulmuştur. Bu amaçla analog kontrollü görüntüleme ve komut verme olanağı sağlayan Omron Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) ara yüzü ile EPU'nun entegrasyonu gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında External power ünitesi sunulmuştur. Entegrasyonda kullanılan SCADA ara yüzü üçüncü kısımda verilmiştir. Problemin tanımı ve SCADA ara yüzü modelleme ile oluşturulan alternatif senaryo dördüncü kısımda sunulmuştur. Son bölüm olan sonuçlar bölümünde ise sunulan alternatif yöntem ile ilgili değerlendirmelere ve önerilere yer verilmiştir.

7. External Power Unit

* Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Elektrik-Elektronik Bölümü,

** Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivil Havacılık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Öğrencisi

Hava araçlarının park süresi içerisinde, External power ünitesi; motor çalıştırılması, ışıklandırma, zorunlu hizmetlerin yerine getirilmesi ve elektrik sisteminin testi için gerekli olan elektrik enerjisini sağlar (JP Avionics, 2009).

Günümüz geniş gövdeli uçaklarında genellikle AC elektrik güç sistemi kullanılmasıyla elektrikli cihazlar hafifletilmiş, böylece büyük avantaj sağlanmıştır. Dolayısıyla uçağa park halinde elektrik gücü sağlayan EPU'ların da buna uygun güce ve uçağın ise bu gücü uygun şekilde alabilmesini sağlayacak devre yapısına sahip olması gerekir

Geniş gövdeli uçaklarda, EPU'nun güç sistemini beslemesi için kolayca erişilebilecek bir noktadan uçağa bağlanmasına olanak sağlayacak bir bağlantı noktası oluşturulmuştur. Altı konnektörlü bağlantı elemanı EPU uçağa bağlanır. Bu altı pinden dört tanesi kalın ve uzun, iki tanesi kısa ve incedir. Bu dört uzun pin 3 faz ve bir nötr bağlantısı için, iki kısa pin ise EPU'nun geri besleme kontrolünü sağlayan 28 volt DC bağlantısı ve EPU'nun bağlandığını gösteren lambaya enerji sağlayan bağlantı için kullanılır. Ayrıca bu iki kısa pinle bağlantı fişinin sökülmesi ve takılması sırasında 3 faz gücün önceden kesilerek ark oluşması önlenir.

EPU, uçağa ön iniş takımında bulunan iki adet priz aracılığıyla bağlanır. Prizler birbirinden bağımsız olarak 90 KVA, 400 Hz 115/200 V'luk güç sağlar. EPU'nun sistemleri beslemek üzere kullanılmasından önce uçak üzerinde yapılması gereken bazı işlemler vardır. Bu işlemler uçakta bulunan kontrol listelerinde (check list) belirtilmiştir. Bu kontrol listesi, uçak el bakım kitapçığı olan aircraft maintenance manuel (AMM)'de bulunmaktadır.



Şekil 1. EPU'nun Uçağa Bağlanması

EPU aracılığıyla uçağa enerji verilmesinde AMM prosedürü uygulanmaktadır. Bu çalışmada açıklanan prosedür Airbus 321 uçağı için

geçerli olup hemen hemen tüm uçaklarda da benzer şekilde uygulanmaktadır. Güç kaynakları ile ilgili açıklamalar AMM bölümlerinden Chapter 24'de bulunmaktadır. Kullanılan yöntem her iki girişler için de aynı prosedüre sahiptir.

EPU kablosu uçağa bağlandıktan sonra güç kablosunun izolasyonunun tam olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca 90KVA'den daha düşük güç gerektiren sistemlerde kullandığımızda aşırı yüklenme meydana gelebileceğinden dolayı dikkatli olunmalıdır. Aşırı yüklenme sonucu uçaktaki bütün bilgisayarların resetlenmesi gerekebilir. Tüm bu uyarıların dikkate alınıp uygulanmasından sonra uçak üzerindeki prosedürler aşağıdaki gibidir:

Enerjilendirme Prosedürü;

- Elektronik paneldeki GEN1, GEN2, APU GEN, BUS TIE, AC ESS FEED ve COMMERCIAL butonlarının basılı olması gerekmektedir. Diğerlerinin ise serbest bırakıldığından emin olunmalıdır.

- 212VU'da bulunan havalandırma kısmında, EXTRACT ve CAB FANS basılı olmalıdır.

Tüm bunlar yapıldıktan sonra EXT POWER düğmesine basılarak, yerde bulunan EPU aracılığıyla uçağa elektrik verilir.

8. SCADA

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte otomasyonun artışı uzaktan kontrollü sistemlere olan ihtiyacı arttırmıştır. Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından sonra kompleksleşen otomasyon sistemlerinin kontrolü son derece karmaşık ve zor bir hal almıştır. Bu durum mühendisleri çözüm üretmeye sevk etmiştir.

SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition kelimelerinin baş harflerinden oluşturulmuş bir kısaltmadır Jeff, D. (2005). Otomasyon sistemlerinde gözlemlene, denetleme ve veri işleme özellikleri bulunan sistem bütünüdür (Harima, K., 2000).

SCADA sistemleri, ardışık kontrollü sistemlerde durum göstergesi (monitoring) olarak sisteme müdahale imkanı sunduğu için günümüzde birçok alanda karşımıza çıkmaktadır (Rajesh, M. ve Vikrant, V., 2016). Her alanda adı SCADA olmasa da kullandığı amaç ve fonksiyonlar göz önünde bulundurulduğunda havacılıkta da uzaktan otomasyon SCADA sistemleri mevcuttur (Stuart, A. B., 2009). Havaalanı ışıklandırma sistemleri, sulama sistemleri ve benzeri sistemlerde sıklıkla tercih edilmektedir. Kabin içinde host ve hosteslerin kullandığı kabin içi kontrol paneli de uçaklar üzerinde kullanılan uzaktan kontrol sistemidir. Bir arayüz olan SCADA çeşitli aracı ekipmanlar (sensör, röle vb.) vasıtasıyla ardışık gerçekleşen sistemlerde durum analizi ve sisteme müdahale etme imkanı sağlamaktadır.

9. Sistem Senaryosu

Sistem senaryosunu oluşturan çalışma şartı, gösterilecek değerler ve sistemin çalışması aşağıda sunulmuştur (Airbus, 2002).

Çalışma şartı;

- External power ünitesi prizinin uçak burun kısmında bulunan prize takılmış olması.

- Gerekli düğmelerin basılı olması.

Gösterilecek çıkışlar;

- Priz takılı.

- GEN1, GEN2, APU GEN, BUS TIE, AC ESS FEED, COMMERCIAL, EXTRACT, CAB FANS, EXT POWER düğmelerinin on/off durumu.

- Enerji durum göstergesi.

Sistemin çalışması;

Güvenlik için güç kablosunun hasar kaybı olup olmadığı gözlemlenir. Enerji verilmeden önce uçağın hareketli yüzeylerinde çalışan personel kontrolü yapılır veya personel uyarıldıktan sonra AMM'e göre prosedürler uygulanmaya başlanır. EPU'nun uçağa bağlanmasından sonra kokpitte basılı olması gereken düğmelerin durum bilgisi alınarak uçağa enerji verecek personel tarafından EPU üzerindeki panelden kontrol sağlanır. Güç kablosunun prize tam olarak takıldığını sensör yardımıyla algılayarak EPU üzerindeki kontrol panelinden personel bilgilendirilir.



Şekil 2. SCADA ara yüzü

Ladder diyagram girişleri ve çıkış aşağıdaki gibi seçilmiştir.

Girişler:

- External Power Buton
- Plug Socket Sensör
- GEN1/GEN2 Buton
- APU Buton

- BUS TIE Buton
- AC ESS FEED Buton
- COMMERCIAL Buton
- Extract Buton
- Cabin Fans Buton

Çıkışlar;

- External Power On/Off Lamba
- GEN1/GEN2 On/Off Lamba
- APU Buton On/Off Lamba
- BUS TIE On/Off Lamba
- AC ESS FEED On/Off Lamba
- COMMERCIAL On/Off Lamba
- Extract On/Off Lamba
- Cabin Fans On/Off Lamba

10. Sonuçlar

İncelenen uçak bakım kazalarının birçoğunda dolaylı veya doğrudan External power ünitesinden kaynaklı ciddi hata ve sorunların var olduğu gözlemlenmiştir. Bu soruna karşı external power ünitelerinin üzerine bir ekran konularak oluşabilecek iş kazalarının en aza indirilmesi düşünölmüştür. Uçak üzerindeki sigortaların konumunu sigorta panellerinden alınan giriş ve çıkış bilgilerine göre PLC (Programmable Logic Controller) kontrol sistemine bağlı olarak SCADA sistemlerinde gösterilmesi alternatifi sunulmuştur.

özüm önerisi olarak PLC kullanılmasının çeşitli sebepleri vardır. Bu sebeplerin en başında düşük emniyet maliyeti gelmektedir. PLC içindeki modüler yapılar sistemin karar mekanizması halinde olan devre elemanlarının ve sistem elemanlarının korunmasını sağlamaktadır. Bu durum sistem sürdürülebilirliği için son derece önemlidir. Düşük sistem güvenliğinin yanında fonksiyonlarına göre değişen PLC çeşitleri sistem ihtiyaçlarına göre seçilebilir. Görüntülenebilirlik özelliği ile SCADA ara yüzü ile anlık görüntülenme sağlanarak uçağa elektrik verme aşamasında karşılaşılabilecek olumsuz durumları önceden gözleme imkanı sunmaktadır.

Havacılıkta insan faktörleri araştırmalarına göre oluşan iş kazalarına karşı görsel ve işitsel uyarıların diğer uyarı ve önlem yöntemlerinden daha etkili bir yöntem olduğu tespit edilmiştir. Sunulan alternatifte havacılıkta karşılaşılan bakım kazalarının SCADA kullanılarak görsel ve işitsel uyarı sistemleriyle en aza indirilmesi beklenmektedir. SCADA sistemleri analog sinyalleri, dijital olarak gösterdiği için mevcut sistemlerde kullanılan ara elemanlara (lamba, zil) ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Mevcut sistemlerdeki görseller için kullanılan ara eleman olarak lamba gibi malzemelerin patlamış olması, arızalı olması uçak

üzerinde çalışan teknisyenlere zor anlar yaşatabilmektedir. Bu durum uçak sistemlerindeki bilgi işlem güvenliğinde sorunlar oluşturabilmektedir, fakat PLC ve SCADA sistemleri ile görsel olarak bildirim yapan ara eleman olan lambalara ihtiyaç ortadan kalkacaktır. PLC'ler de bulunan çoklu kontak sistemleri de düşünüldüğünde birbirinin alternatifi başka kontaklar kullanılarak sistem güvenliği sağlanacaktır.

KAYNAKÇA

TTS Integrated Training System (2011). Module 13 Aircraft Aerodynamics, Structures and Systems for EASA part- 66. Licence Category A, B 1 and B 2.

**ÇİNKO CEVHERLEŞMESİNİN MADENCİLİK
FAALİYETLERİ SIRASINDA OLUŞABİLECEK ASİT
KAYA/MADEN DRENAJINA AİT KESTİRİMLER (ADANA)**
*Estimates of Acid Rock/Mine Drainage During Mining Activities: Zinc
Ore Deposition / Adana*

NİL YAPICI * & HAKAN GÜNEYLİ ** & NUSRET NURLU **

1. Giriş

Başta pirit olmak üzere sülfürlü metalik mineral içeren kömür, sülfür formundaki baz metaller, uranyum ve değerli metal içeren madenlerde görülen asit kaya/maden drenajı sülfürlü minerallerin nemli ortamda, bazen de mikrobiyolojik organizmaların katkısıyla oksitlenmesi sırasında drenaj sularının asidik özellik kazanmalarına ve geçtikleri formasyonlar içerisindeki bazı ağır ve toksik elementleri çözerek drenaj suyuna karıştırmalarına asit kaya/maden drenajı denilmektedir (Yörükoğlu, 2003).

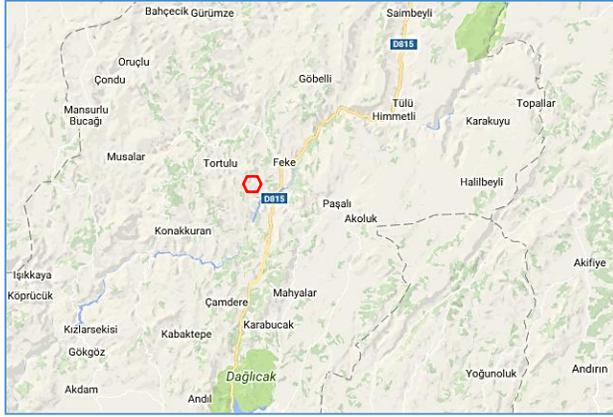
Asit maden drenajı özellikle nehir ve göllerin ekosistemleri üzerinde etkilidir. Bitki ve hayvan türlerini elimine edip. besin zincirinin basitleşmesine, hatta yıkılmasına neden olabilir; sudaki yaşamı tamamen ortadan kaldırabilir [Gray, 1997]. Oluşumunda fiziksel faktörlerde önemli olmaktadır. Madenin bulunduğu ilk konumdaki durumu, yankayaç bileşimi, faylanmalar ve süreksizlikler, tabaka arası boşluklar ve geçirgenlik gibi özellikler önemli rol oynar. Öte yandan en önemli drenaj sorunu olan cevher, çıkarılıp bir dizi cevher hazırlama işleminden geçirilip geriye bırakılan pasa, artık ve atık yığınları içindeki malzeme boyutu ve diğer fiziksel özellikleri de drenajın gelişme hızı üzerinde etkilidir (Yörükoğlu, 2003, Skousen, 1996).

Bu kapsamda çalışmanın amacı, M35-b4 paftası içinde Kozan-Feke-Mansurlu yaylası arasında yer alan cevherleşmenin ve işletim prosesinin asit üretme olasılığı ya da potansiyelinin saptanmasıdır. Cevherleşme, çinko esaslı olup Emirgazi Grubu içerisinde yer almaktadır [Özgül 2002]. Hali hazırda cevher çıkarımı yapılmakta ve üretim devam etmektedir (Şekil 1).

* Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Müh. Bölümü, Adana/Türkiye, nyapici@cu.edu.tr

** Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Müh. Bölümü, Adana /Türkiye, hgüneyli@cu.edu.tr

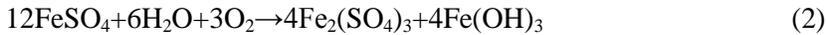
** Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Müh. Bölümü, Adana/Türkiye, nusretnurlu@gmail.com



Şekil 1. Yer bulduru haritası

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Olayı başlatan ilk reaksiyon, piritin oksitleşmesi olup sonucunda sülfürik asit ve demir hidroksitin oluşumu mevcuttur. Sülfürik asitin oluşmasıyla açığa çıkan demir sülfat, üç değerli hale geçerek hemen oksitlenmektedir (Eşitlik 1 ve 2). Asidite üretiminde nem, hava ve sülfürlü mineraller birincil etmenler olarak adlandırılmıştır. Buna karşılık ortaya çıkan asidi nötürleştiren ve reaksiyon ürünleriyle tepkimeye giren kalsit ve dolomit gibi mineraller içeren karbonatlar ile daha az etkili bazı silikat mineralleri ikincil etmen olarak tanımlanmıştır. Oluşan asidi nötürleştiren veya reaksiyon ürünleriyle tepkiyenler ikincil; asidin taşınmasında ve tüketilmesinde etken olanlar üçüncül faktörler olarak kabul edilirler. Bunlar oksitlenme sırasında açığa çıkan asit ile reaksiyona tutuşarak ortamın pH'ını yükselterek çözünmeyi azaltıp nötürleştirmektedir (Eşitlik 3).



reaksiyonu ile ifade edilebilmektedir.

Ortamın mineralojik yapısına bağlı olarak, hem oksidasyon hem de nötürleştirme reaksiyonları gerçekleşebilir [Karadeniz, 2008]. Çoğu kez

insan faaliyetlerinin dışında, tamamen doğal olarak da gelişebilen AMD; düşük pH (yüksek asidite), yüksek iyon konsantrasyonu (zengin metal içeriği), askıda ve çözünmüş katı özellikleriyle çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir (Gray,1997). Ancak bütün sülfürlü mineralleri içeren maden yataklarının işletilmesinde, yan kayaç ve gang minerallerinin özelliklerini belirlemeden Asit Kaya/Maden drenajına neden olunacağına ileri sürülmesi bilimsel bir yaklaşım değildir.

2.1. Bölgesel Jeoloji

Bölgede Mesozoyik yaşlı jeolojik birimlerin büyük bir kısmı masif kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Cevherleşmenin bulunduğu birim olan Emirgazi grubu (İnfracambriyen); altta Kozan Formasyonu, üstte ise Koçyazı kuvarsiti olmak üzere iki formasyona ayrılmıştır [Özgül,2002].

2.2. Yöntem

Çalışmalar, arazi çalışmaları, cevher, anakaya ve yankaya örneklemeleri; sistematik cevher ve anakayaç örneğinde XRD; cevher ve ince kesit mikroskopisi; XRF; Kükürt (S) analizi; fışirdama testi gibi asit üretme potansiyeli tespitine dönük statik ve kimyasal testleri kapsamaktadır. Bu testler AMD'ı ile ilişkisi olan kayaçların karakterlerinin tanımlanmasını içerir (Lapokko,2002).

Statik testlerde, numunenin hem toplam asit üretme potansiyeli hem de toplam asit nötralizasyon potansiyeli belirlenmektedir. Bu testler, maden atığının asit üretme ve nötralizasyon kapasitesinin tahmin edilmesini sağlamaktadır. Parçacık boyutu, mineraloji, bakteri varlığı, mevcut su ve oksijen değerlendirmesi yapılmaktadır. Jeokimyasal statik testler için farklı yöntemler geliştirilmiş olmakla birlikte, temelde sülfürlü atıkların asit üretme potansiyelleri (AÜP) [sülfür minerallerinin oksidasyonu] ile karşı grupta yer alan minerallerin (karbonatlar ve silikat minerallerinin çözünürlükleri) asiti nötrleştirme kapasiteleri (NP) arasındaki denge irdelenmektedir. Analizlerle saptanan kükürt (asit oluşumunun kaynağı sülfürlü minerallerdir) içeriği değerinden numunenin asit üretme potansiyeli (AÜP) hesaplanmakta ve asitle muamele edilmesiyle nötrleştirme potansiyeli (NP) belirlenmektedir. Elde edilen iki değer birbirine oranından, net asit üretme potansiyeli (NAÜP) bulunmaktadır. Örnekler, ocak içi; cevher stok alanı; pasa stok alanlarından yan kayaç ve cevher numuneleri şeklinde alınmıştır. Laboratuvara getirilen kayaç ve cevher örnekleri dörtleme yöntemi ile homojenize edilmiştir. Alınan 10 adet numunenin ince ve parlak kesitleri

Polarizan ve Maden Mikroskobu üzerinde incelenerek determinasyonu yapılmış, cevher ve yankayaç mineralleri ortaya çıkarılmıştır, XRD diyagramları belirlenmiştir.

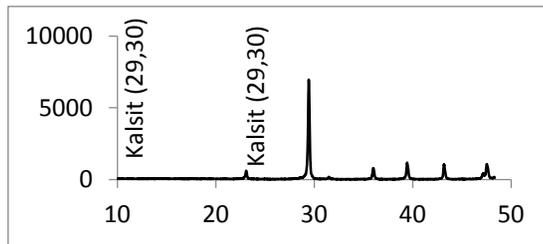
3. BULGULAR

3.1. Yankayaç Kimyası ve Mineralojisi

Kireçtaşı, rekristalize açık gri renklidir. Kayaç biyomikritik yapılıdır. Alüminyum, silisyum içeriği çok düşük, kırık ve çatlaklara ikincil girmiş demiroksit kirlenmeleri mevcuttur (Şekil 2). Yankayaç (10 nolu örneğe ait) ortalama kimyasal analiz sonuçları Tablo 1; %CaCO₃ ve %CaMg(CO₃)₂ değerleri Tablo 2’de, yankayaç XRD paterni ise Şekil 3’de verilmiştir. Ana parajenezi kalsit kristalleri oluşturmaktadır.



Şekil 2. Yankayaç kireçtaşı, yankayaç ince kesit mikroskop görüntüsü



Şekil 3. Yankayaca ait XRD paterni

3.2.Cevher Kimyası ve Mineralojisi

Arazi çalışmaları sırasında alınan cevher örneklerinden 10 adeti üzerinde parlak kesit yapılmış ve mikroskop incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca XRD patern çekimleri yapılmış; mineral parajenezi ortaya çıkarılmıştır (Şekil 4). Cevher Stok (C1), Taş baca fere (C2), Taş baca sol ayna plaka üstü (C3), Arakat (C4) bölmelerinden alınan cevher örneklerinin XRF ortalamaları Tablo 3’de verilmiştir. Ana parajenezleri smitsonit, götit, limonit, hidrozinkit, zinkit, hematit, kalsit ve az oranda kuvars tespit edilmiştir.

Tablo 1. Yankayaç XRF analiz sonuçları (değerler % olarak verilmiştir)

| CaO | MgO | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | ZnO | Fe ₂ O ₃ | K.K. |
|-------|-----|--------------------------------|------------------|-------|--------------------------------|-------|
| 52,65 | 2,1 | 0,25 | 0,7 | 1,083 | 1,84 | 42,20 |

Tablo 2. Yankayaç örneklerine ait % CaCO₃ ve % CaMg(CO₃)₂ değerleri

| Örnek No | Kızdırma Kaybı (1000°C’de 2 Saat) | % Karbonat | CaCO ₃ | CaMg(CO ₃) ₂ |
|----------|-----------------------------------|------------|-------------------|-------------------------------------|
| 1 | 42,05 | 95,52 | 94,02 | 1,5 |
| 2 | 43,68 | 98,03 | 95,08 | 3 |
| 3 | 41,47 | 92,07 | 90,07 | 2 |
| 4 | 38,91 | 85,09 | 82,06 | 2,3 |
| 5 | 43,78 | 99,55 | 98,25 | 1,3 |
| 6 | 41,65 | 92,16 | 91,06 | 1,1 |
| 7 | 37,85 | 91,86 | 89,56 | 2,3 |
| 8 | 43,65 | 96,06 | 95,06 | 1 |
| 9 | 42,96 | 98,66 | 97,36 | 1,3 |
| 10 | 39,95 | 86,19 | 85,09 | 1,1 |

Smitsonit çatlak ve kovuklarında zinkit ve hidrozinkit mineralleri saptanmıştır. Konsantrik yapılı smitsonit içerisinde limonitleşme ve hematit mineralleri gözlenmiştir. Sülfür mineral varlığına, alınan örneklerde çok az oranda özşekilli olarak pirit minerallerine küçük inklüzyonlar şeklindedir. Gang mineral olarak kalsit bulunmaktadır.

Tablo 3. Cevher XRF analiz sonuçları (değerler % olarak verilmiştir)

(Stok alanı)

| CaO | MgO | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | ZnO | MnO | Fe ₂ O ₃ |
|------|-----|--------------------------------|------------------|------|------|--------------------------------|
| 1,37 | - | - | 2,4 | 45,5 | 0,16 | 46,41 |

(Taş baca fere)

| CaO | MgO | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | ZnO | MnO | Fe ₂ O ₃ |
|-------|-----|--------------------------------|------------------|------|-------|--------------------------------|
| 13,44 | - | - | 3,5 | 43,7 | 0,099 | 25,4 |

(Taş baca sol ayna)

| CaO | MgO | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | ZnO | MnO | Fe ₂ O ₃ |
|-------|-----|--------------------------------|------------------|------|------|--------------------------------|
| 12,99 | - | - | 4,7 | 22,2 | 0,41 | 48,40 |

(Arakat)

| CaO | MgO | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | ZnO | MnO | Fe ₂ O ₃ |
|------|-----|--------------------------------|------------------|------|------|--------------------------------|
| 9,97 | - | 7 | 9,7 | 6,96 | 0,21 | 55,60 |

Asit kaya/maden drenajı kestiriminde, potansiyel asiditenin saptanması, kükürt (S) analizine dayalıdır. S ise çeşitli minerallerin bünyesinde sülfür, sülfat ve organik form gibi farklı biçimlerde bulunabilir. Azami (minimum) asit potansiyeli hesaplanacaksa, esas olan parametre numunedeki toplam S miktarıdır. Bu nedenle öncelikle toplam S gözetilir. Toplam S içeriğinin saptanmasında çeşitli kimyasal analiz teknikleri bulunmaktadır (ASTM D 3177, ASTM yöntemleri D 4239-00, D 3177-89 ve D 5016, TS EN 1744-1) [ASTM, 2002]. Kükürtün 1 molü 32 g iken CaCO₃'ün 1 mol'ü 100g'dır. Bu değerlere göre kükürdün CaCO₃'a ağırlıkça oranı 32/100=1/3,125 dir. Teorik olarak, örnek numunede bulunan ağırlıkça toplam kükürt değerinin 3,125 katsayısı ile çarpılmasıyla, ortamda üretilen asidi nötrleştirmek için gereken CaCO₃'ün yüzde miktarı bulunur. Numunede bulunan toplam kükürdün 31,25

katsayısıyla çarpılması, sahada ton (1000 kg) olarak üretilecek malzemenin nötrleştirilmesi için gereken CaCO_3 eşdeğerinin AÜP (asit üretme potansiyeli)'ni vermektedir. 10 adet anakaya ve cevher içinde hesaplanan toplam kükürt ve S_2 değerleri Tablo 4'de hesaplanan AÜP ise Tablo 5'de verilmiştir (Cevher örnekleri patlatma sonrasında Taşbaca sol ayna plaka üstü, Arakat, Taşbaca fere ve stok alanlarından alınmıştır). Alınan örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda sülfürik asit eşdeğerli asit üretim (AÜP) ve nütürleşme (NP) potansiyelleri Tablo 6 ve 7'de yorumlanmıştır.

Tablo 4. Alınan cevher örneklerindeki toplam kükürt miktarı

| ÖRNEK NO | % Toplam S |
|----------|---------------|
| C1 | 0,0160 |
| C2 | 0,00639 |
| C3 | 0,0053 |
| C4 | 0,007 |
| C5 | 0,003 |
| C6 | 0,0062 |
| C7 | 0,012 |
| C8 | 0,0096 |
| K9 | En çok 0,0014 |
| K10 | En çok 0,0014 |

Tablo 5. Cevher ve yankayaç numunelerinin toplam kükürde göre AÜP

| ÖRNEK NO | Toplam S (%) | Üretilecek malzemenin her tonunu nütrelleştirebilmek için gerekli CaCO_3 eşdeğeri ton biriminde AÜP |
|----------|---------------|--|
| C1 | 0,0160 | 0,5 |
| C2 | 0,00639 | 0,199688 |
| C3 | 0,0053 | 0,165625 |
| C4 | 0,007 | 0,21875 |
| C5 | 0,003 | 0,09375 |
| C6 | 0,0062 | 0,19375 |
| C7 | 0,012 | 0,375 |
| C8 | 0,0096 | 0,3 |
| K9 | En çok 0,0014 | 0,04375 |
| K10 | En çok 0,0014 | 0,04375 |

Tablo 6. Cevher sahasından alınan örneklerin Paktunç (1998) yöntemiyle hesaplanan asit üretim potansiyelleri

| Örnek No | X_s (%) | AÜP (kg/ton) sülfürik asit eşdeğeri |
|----------|-----------|--|
| C1 | 0,0160 | 1 |
| C2 | 0,00639 | 0,399375 |
| C3 | 0,0053 | 0,33125 |
| C4 | 0,007 | 0,4375 |
| C5 | 0,003 | 0,1875 |
| C6 | 0,0062 | 0,3875 |
| C7 | 0,012 | 0,75 |
| C8 | 0,0096 | 0,6 |

Tablo 7. Cevher örneklerinin C1, C2, C3, C4 ortalama değerleri ile hesaplanmış Net Nötürleşme Potansiyel değerleri

| | AÜP (Asit Üretim Potansiyeli) | NP (Nötürleşme Potansiyeli) | NNP(NP-AÜP) (Net Nötürleşme Potansiyeli) | NNP(NP/AÜP) (Net Nötürleşme Potansiyeli) |
|----|--|-----------------------------------|---|--|
| C1 | 1,3 | 27,3657267 | 26,06573 | 21,050559 |
| C2 | 0,84 | 241,789588 | 240,9496 | 287,8447476 |
| C3 | 1,075 | 233,301518 | 232,2265 | 217,0246679 |
| C4 | 0,1875 | 171,776139 | 171,5886 | 916,139408 |

NNP=NP-AÜP veya NNP=NP/AÜP eşitliklerinden biri kullanılarak hesaplanmıştır. Net nötürleşme potansiyeli (NNP) Tablo 8’de verilmiştir.

3.3. Fıçırdama Testi

Örnekler üzerinde fişirdama testleri uygulanmıştır. Bulunan sonuçlar Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 8. Numunelerinin nütürleşme potansiyelleri

| ÖRNEK | X_{CaCO_3} | $X_{CaMg(CO_3)_2}$ | NP_{CaCO_3} | $NP_{CaMg(CO_3)_2}$ | $\sum NP(kg/ton)$ |
|-------|--------------|--------------------|---------------|---------------------|------------------------|
| NO | (%) | (%) | (kg/ton) | (kg/ton) | sülfürik asit eşdeğeri |
| YK 1 | 94,02 | 1,5 | 940,2 | 8,13449024 | 948,33449 |
| YK2 | 95,08 | 3 | 950,8 | 16,2689805 | 967,06898 |
| YK3 | 90,07 | 2 | 900,7 | 10,845987 | 911,545987 |
| YK4 | 82,06 | 2,3 | 820,6 | 12,472885 | 833,072885 |
| YK5 | 98,25 | 1,3 | 982,5 | 7,04989154 | 989,549892 |
| C1 | 2,46 | 0,51 | 24,6 | 2,76572668 | 27,3657267 |
| C2 | 24,00 | 0,33 | 240 | 1,78958785 | 241,789588 |
| C3 | 23,2 | 0,24 | 232 | 1,30151844 | 233,301518 |
| C4 | 17,08 | 0,18 | 170,8 | 0,97613883 | 171,776139 |

YK: Yankayaç (kireçtaşı), C: Çıkarılan ve stoklanan cevher

Tablo 9. Gerçekleştirilen Fişirdama Testi için yapılan gözleme yoluyla asit miktar ve şiddetinin belirlenmesi (Karadeniz,2008)

| Numune No | Alınan Yer | Yapılan Gözlem | Asit Miktarı | Asit Şiddeti | Fişirdama Hızı (0=Yok, 1=Hafif, 2=Orta, 3=Kuvvetli) |
|-----------|----------------------------|-------------------------------------|--------------|--------------|---|
| 1 | Arakat | Kaynama var, baloncuklaşma belirgin | 40 ml | 0,5 M | 2 (Orta) |
| 2 | Taşbaca fere | Kaynama var, baloncuklaşma belirgin | 40 ml | 0,5 M | 2 (Orta) |
| 3 | Taşbaca sol ayna plaka üst | Kaynama var, baloncuklaşma belirgin | 40 ml | 0,5 M | 2(Orta) |
| 4 | Stok alanı | Önemli oranda sıçramalar | 40 ml | 0,5 M | 3 (Kuvvetli) |

| | | | | | |
|---|----------|--|-------|-------|--------------|
| | | İçeren ileri derecede baloncuklaşma var | | | |
| 5 | Yankayaç | Önemli oranda sıçramalar içeren ileri derecede baloncuklaşma var | 40 ml | 0,5 M | 3 (Kuvvetli) |

Numunelerinin asit üretme potansiyelinin yorum tablosu Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Numunelerinin asit üretme potansiyelinin yorum tablosu (Brodie,1991)

| Asit-Baz Hesabı | (NP/AÜP) | Arazi sonuçları | Yorum |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Asit Üretir | <1 | -- | -- |
| Belirsiz Zon | $1 < (NP/AÜP) < 3$ | -- | -- |
| <u>Asit Üretmez</u> | ≥ 3 | <u>Hepsi 3'den büyük</u> | <u>Numuneler asit üretmez</u> |

3. SONUÇLAR

*Cevherleşme Emirgazi Grubu (İnfr Kambriyen) içerisinde yer almakta olup, metakirintililer, metavolkanit arakatıklar ve yeniden kristallenmiş kireçtaşı ve dolomitlerden oluşan birimin karbonatlı kayaçları içerisinde oluşmuştur. Yankayaç bünyesindeki %CaCO₃'ün %94,02 oranında olduğu saptanmıştır.

*Ana cevher parajenezleri XRF ve XRD diyagramlarından, smitsonit, götit, limonit, hidrozinkit, zinkit, hematit, kalsit ve az oranda kuvars olarak belirlenmiştir. Smitsonit çatlak ve kovuklarında zinkit ve hidrozinkit mineralleri oluşmuştur.

*Cevher örneklerinin ortalama S değeri %0,00639-0,012; kayaç örneklerinin ise Max %0,0014 olduğu saptanmıştır.

* Üretilcek malzemenin her bir ton'unu nötrleştirebilmek için gerekli CaCO₃ eşdeğeri ton biriminde AÜP %0,09375-0,375 aralığında, kayaçlarda %0,04375 olarak hesaplanmıştır.

* Cevher sahasından alınan örneklerin, Paktunç [1998] yöntemiyle hesaplanan asit üretim potansiyelleri (kg/ton); 1-0,1875 arasında hesaplanmıştır.

*Cevher örneklerinden saptanan NNP(NP/AÜP) (Net Nötürleşme Potansiyeli), \sum NP(kg/ton) ve fişirdama test sonuçlarına göre (NP/AÜP) (Brodie ve ark., (1991)'na göre)>3 bulunarak Asit Üretmez olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

ASTM D 3177, (2002). Standard Test Methods for Total Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke.

ASTM D 4239-00, (2002). Standard Test Methods for Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke Using High-Temperature Tube Furnace Combustion Methods

ASTM D 3177-89 (2002). Standard Test Methods for Total Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke.

Brodie, M. J., Broughton L. M., Robertson, A., (1991). A Conceptual Rock Classification System for Waste Management and Laboratory Method for ARD Prediction From Rock Piles. Second International Conference on the Abatement of Acid Drainage. Vol.3 Montreal, Quebec, September 16-18, *MEND Program Ed-Quebec Mining Association*, Ottawa. Sf. 119-135.

Gray, N.F., (1997). Environmental Impack and Remediation of Acid Mine Drainage: A Management Problem, *Environmental Geology*, 30, (1/2), March, s. 62-71.

Karadeniz, M. (2008). Asit Maden Drenajı ve Çözümü. *TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını*. No: 186. Sf. 231.

Lapokko K. A., (2002). Metal Mine Rock and Waste Characterization Tolls: An Overview, *International Institue for Environment and Development*.No: 67. Sf. 31.

Özgül N. ve Kozlu H., (2002). Özgül, N. ve Kozlu, H., 2002. Kozan-Feke (Doğu Toroslar) Yöresinin Stratigrafisi ve Yapısal Konumu ile İlgili Bulgular; *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 14, 1, 1-36.

Paktunç, D., (1998). Characterization of Mine Wastes for Prediction of Acid Mine Drainage. In Proceeding: Acid Mine Drainage Seminar/Workshop, *Conservation and Protection Environment*, Ontario, Canada, Sf. 1-45.

Skousen, J.G., (1996). Acid Mine Drainage, "Acid Mine Drainage Control and Treatment (Compiled by J.G. Skousen and P.F. Ziemkiewicz), W. V. Univ. and N. M. L. R. C. Pp 9-12.

Yörükoğlu A. ve Karadeniz, M., (2003). Asit Maden Drenajı Kestirim Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Türkiye 18 Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi - IMCET2003 & 2003*, ISBN 975-395-606-1.

**HAVA KALİTESİ MODELLEME ÇALIŞMASINA BİR
ÖRNEK: II A GRUBU TAŞ OCAĞI GÜLNAR/MERSİN BÖLGESİ**
*A Case Study on Air Quality Modeling: II-A Group Stone Quarry,
Gülnar/Mersin Region*

Nil YAPICI*&Mustafa YILDIZELİ& Hakan GÜNEYLİ*****

1.Giriş

Hava kirliliği; Ekolojik dengeyi bozan, insan sağlığını ve canlı hayatını olumsuz bir şekilde etkileyen insanların çeşitli tüketim aktiviteleri ve ekonomik faaliyetler sonucu, yapay yollarla havanın bileşimindeki maddelerin normalin üzerinde yoğunluğa ve miktara ulaşması ile havanın doğal bileşiminin bozulmasıdır (Ay vd., 2010).

Endüstriyel veya diğer kaynaklardan meydana gelen kirleticilerin sağlık ve çevre üzerindeki etkilerini ölçebilmek ve tanımlayabilmek için hava kirliliği modelleme sistemleri kullanılabilir. Birçok özelleşmiş dağılım modeli bulunmakta olup bu modeller emisyonların kaynağından kilometrelerce uzaklığa kadar değişimlerini modelleyebilmektedir. Dağılım modelleri, atmosfer olaylarını, hava kirleticilerinin atmosferdeki fiziksel ve kimyasal hareketlerini, reaksiyonlarını, bozunmalarını ve konsantrasyonlarını matematiksel olarak hesaplayabilmektedirler. Hava kirliliği dağılım modelleri uygulanırken, hava kirleticilerinin atmosfer içerisinde dağılımının nasıl olduğu, matematiksel olarak simüle edilebilmektedir. Burada yapılan işlem, geliştirilen bilgisayar programları ile kirleticilerin matematiksel eşitliklerinin ve algoritmaların çözülmesidir. Tüm bunları yaparken kaynak bilgileri, tüm emisyon bilgileri, meteorolojik, yeryüzü şekilleri gibi parametreler de kullanılmaktadır (Demirarslan vd., 2008).

Yapılan çalışma ile Mersin İli, Gülnar İlçesi, II(a) Grup sahada yapılması planlanan “Kalker Ocağı ve Kıırma- Eleme Tesisi” projesinden kaynaklı hava kirliliğinin kümülatif etkileri AERMOD hava kirliliği dağılımı programı kullanılarak modellenmiştir.

* Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Müh. Bölümü, Adana/Türkiye, nyapici@cu.edu.tr

** MOSK Tic.Ltd.Şti Adana/Türkiye, info@mosk.com.tr

*** Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Müh. Bölümü, Adana /Türkiye, hguneyli@cu.edu.tr

Planlamada olan ocaklar farklı senaryolar dahilinde incelenerek çevre ve insan sağlığıyla ilgili mevcut durumun ve gelecekte oluşabilecek problemlerin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

2. Malzeme ve Yöntem

Hava kalitesi modelleme çalışmaları, lisanslı olarak kullanılmakta olan “Lakes Environmental AERMOD View” dağılım modeli vasıtasıyla yürütülmüştür. Model, zaman içerisinde değişen gerçek zaman verilerini baz alarak saatlik, günlük ve yıllık YSK değerlerini tahmin edebilen en gelişmiş bilgisayar modellerinden birisidir. İzole bacalardan kaçak kirleticilere kadar değişik (nokta, hacim, alan) pek çok farklı yayılım modeli hesaplamasını bünyesinde barındırmakta, ayrıca herhangi bir endüstri bölgesindeki kaynaklardan çıkan kirleticilerin uğrayabileceği aerodinamik dalgalar, türbülans ve benzeri olayları da göz önüne almaktadır.

AERMOD View modeli, kullanıcı tarafından tanımlanan bir ağ sisteminde çalışmakta, hesaplar ağ sistemini oluşturan her bir alıcı ortam elemanının köşe noktaları için yapılmaktadır. AERMOD View modeli aşağıda belirtilen dört değişik veri türünü kullanmaktadır;

*Rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, sıcaklık, Pasquill kararlılık sınıfı, karışma yüksekliği, (kullanıcının seçimine bağlı) rüzgâr profili eksponenti ile potansiyel dikey sıcaklık farkını içeren saatlik meteorolojik veri seti,

* Kullanıcı tarafından tespit edilen bir başlangıç noktasına göre belirlenen kaynak koordinatları, kaynak yüksekliği, çapı, kirletici hızı, sıcaklığı ve debisini içeren kaynak verileri,

* Kullanıcının opsiyonuna bağlı birçok program kontrol parametresi,

* Alıcı ortam olarak tanımlanan ağ sistemindeki her bir elemanın koordinatları ve yüksekliği.

Model çıktıları, inceleme alanının bütünü için dağılım haritaları hazırlanmasına olanak tanıyacak yapıdadır. Böylelikle, yörenin hava kalitesini değişik senaryolar (ör. değişik arıtma koşulları, farklı kirletici kaynaklar veya değişen mevsimsel şartlar) altında değerlendirmek mümkün olmaktadır. Gaz ve toz halindeki kirleticilerin ortam havasındaki konsantrasyonlarının matematiksel hesaplamalar yoluyla tahmin edilmesini sağlayan modelleme çalışması aşağıdaki basamaklardan oluşmaktadır:

*Kontrol Bölümü (CO), modelleme senaryosunun oluşturulduğu ve modelin çalıştırılmasında tüm kontrolün yapıldığı kısım

*Kaynak Bölümü (SO), Hava kirletici emisyonların tanımının yapıldığı kısım

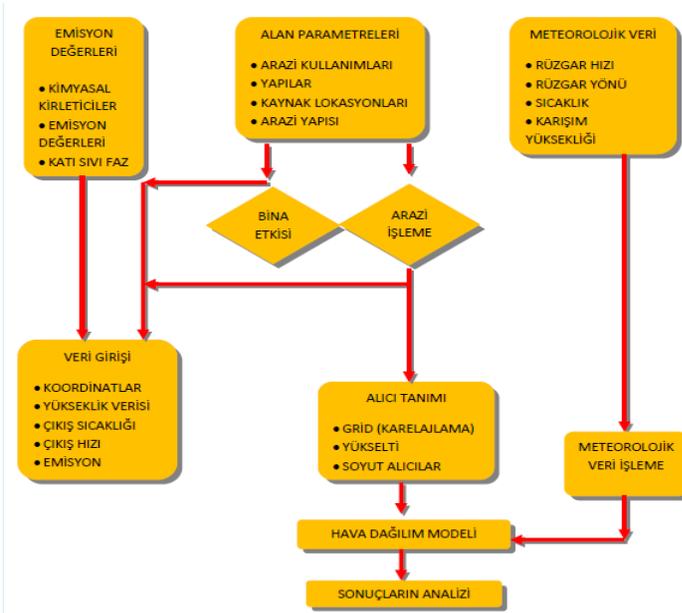
*Reseptör Bölümü (RE), Hava kalitesi etkisinin görülmek istendiği spesifik noktaların tanımlandığı kısım

*Meteoroloji Bölümü (ME), Atmosferik koşulların tanımlandığı kısım

*Topografik Bölüm (AERMAP), Arazi özelliklerinin tanımının yapıldığı kısım

*Çıktı Bölümü (OU), Modelin analizi için model çıktısı özelliklerinin tanımlandığı kısım

Hava dağılım modeli akış diyagramı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Hava Dağılım Modeli Akış Diyagramı

Çalışma yeri, Mersin İli, Gülnar İlçesi, Koçaşlı ve Yanışlı Mahalleleri, Yanaltaş Tepe Mevkiinde bulunan “Kalker Ocağı ve Kıрма-Elementesi” 81.52 ha’ lık alana sahip II (a) grubu hammadde alanıdır (Şekil 2). Çalışma kapsamında, tozun yayılımının hesaplanmasında AERMOD View programından yararlanılmıştır. Modelleme çalışması sonucunda, oluşabilecek hava kirliliğinin farklı durumlar altında incelenmesi amaçlanmıştır. Birinci senaryoda arazide hazırlık, yol, açık ocak işletmeciliği ve kırma-elemente tesisi faaliyetine bağlı emisyonlar; ikinci

senaryoda patlatmaya bağlı emisyonlar; üçüncü senaryoda ise “Kümülatif Toz Emisyonu” kapsamında toz emisyonuna neden olabilecek her tür emisyon kaynağı modellenmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı yer bulduru haritası

A. 3.BULGULAR

B. 3.1.Modellemede Kullanılan Emisyon Kaynakları ve Emisyon Miktarları

İşletmede üretim boyunca üretim, yükleme, stok sahasına taşıma, stok sahasına boşaltma, stok sahasında depolama, stok sahasından kamyonlara yükleme, kırma-eleme tesisine taşıma, bunkere boşaltma, çeneli kırıcıda kırma işlemleri yapılacaktır. Ocaktan malzemenin yüklenmesi, nakliyesi ve boşaltılması sırasında oluşabilecek toz emisyonu için aşağıdaki hesaplar yapılmıştır. Bu aşamalarda oluşabilecek toz emisyonları; üretim miktarı, çalışma alanının genişliği ve işin boyutu ile doğru orantılıdır. Proje kapsamında üretim, yükleme, stok sahasına taşıma, stok sahasına boşaltma, stok sahasında depolama, stok sahasından kamyonlara yükleme, kırma-eleme tesisine taşıma, bunkere boşaltma, çeneli kırıcıda kırma işlemleri için, emisyon faktörleri kullanılarak yapılan kütleli debi hesaplamaları Tablo 1’de, faaliyetlere ait emisyon ölçüm bilgileri ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Oluşacak Toz Emisyonunun Hesaplanmasında Kullanılan Emisyon Faktörleri

| İŞLEM | EMİSYON FAKTÖRÜ | |
|-----------------|-------------------|--------------------|
| | KONTROLSÜZ | KONTROLLÜ |
| Patlatma | 0,080 kg/ton | - |
| Sökme | 0,025 kg/ton | 0,0125 kg/ton |
| Yükleme | 0,010 kg/ton | 0,005 kg/ton |
| Nakliye | 0,7 kg/(km-sefer) | 0,35 kg/(km-sefer) |
| Boşaltma | 0,010 kg/ton | 0,005 kg/ton |
| Depolama | 5,8 kg/(ha-gün) | 2,9 kg/(ha-gün) |
| Birincil Kırıcı | 0,243 kg/ton | 0,0243 kg/ton |
| İkincil Kırıcı | 0,585 kg/ton | 0,0585 kg/ton |

Kaynak: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Ek 12, Tablo 12.6

Tablo 2. Modellemede Kullanılan Emisyon Kaynakları ve Emisyon Miktarları

| | | |
|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| BİTKİSEL TOPRAK SIYIRMA VE DEPOLAMA | KONTROLSÜZ DURUM (Toz Emisyonu) | KONTROLLÜ DURUM (Toz Emisyonu) |
| Bitkisel Toprağın Sökülmesi | 0,0125 kg/saat | 0,00625 kg/saat |
| Bitkisel Toprağın Lodere Yüklmesi | 0,005 kg/saat | 0,0025 kg/saat |
| Bitkisel Toprağın Stok Sahasına Nakliyesi | 0,00875 kg/saat | 0,004375 kg/saat |
| Bitkisel Toprağın Stok Sahasına Boşaltılması | 0,005 kg/saat | 0,0025 kg/saat |
| Bitkisel Toprağın Stok Sahasında Depolanması | 0,1305 kg/saat | 0,06525 kg/saat |
| TOPLAM | 0,16175 kg/saat | 0,080875 kg/saat |
| PATLATMA | KONTROLSÜZ DURUM (Toz Emisyonu) | KONTROLLÜ DURUM (Toz Emisyonu) |
| TOPLAM | 255 kg/(patlatma-saat) | - |
| AÇIK OCAK ÜRETİM | KONTROLSÜZ DURUM (Toz Emisyonu) | KONTROLLÜ DURUM (Toz Emisyonu) |
| Cevherin Sökülmesi | 6,6675 kg/saat | 333375 kg/saat |
| Üretilen Cevherin Kamyona Yüklmesi | 2,667 kg/saat | 13335 kg/saat |
| Üretilen Cevherin | 1,8725 kg/saat | 093625 kg/saat |

| | | |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|
| Nakliyesi | | |
| Pasanın Sökülmesi | 0,0675 kg/saat | 003375 kg/saat |
| Pasanın Lodere Yüklenmesi | 0,027 kg/saat | 00135 kg/saat |
| Pasanın Stok Sahasına Nakliyesi | 0,04375 kg/saat | 0,021875 kg/saat |
| Pasanın Stok Sahasına Boşaltılması | 0,027 kg/saat | 0,0135 kg/saat |
| Pasanın Stok Sahasında Depolanması | 0,3142 kg/saat | 0,1571 kg/saat |
| TOPLAM | 11.68645 kg/saat | 5.843225 kg/saat |
| KIRMA-ELEME TESİSİ | KONTROLSÜZ DURUM (Toz Emisyonu) | KONTROLLÜ DURUM (Toz Emisyonu) |
| Cevherin Bunkere Boşaltılması | 2667 kg/saat | 1,3335 kg/saat |
| Birincil Kırıcı | 648081 kg/saat | 6,48081 kg/saat |
| İkincil Kırıcı | 1560195 kg/saat | 15,60195 kg/saat |
| Boyutlandırılan Cevherin Kamyonlara Yüklenmesi | 2667 kg/saat | 1,3335 kg/saat |
| Boyutlandırılan Cevherin Stok Sahasına Nakliyesi | 18725 kg/saat | 0,93625 kg/saat |
| Boyutlandırılan Cevherin Stok Sahasına Boşaltılması | 2,667 kg/saat | 1,3335 kg/saat |
| Boyutlandırılan Cevherin Stok Sahasında Depolanması | 0,7975 kg/saat | 0,39875 kg/saat |
| Nihai Ürünün Satış İçin Nakliyesi | 2,80875 kg/saat | 1,404375 kg/saat |
| TOPLAM | 234.30735 kg/saat | 28.822635 kg/saat |

C.

D. 3.2. Arazi Modelinin Oluşturulması

Emisyonların çevre arazilerde dağılımı incelenirken, topoğrafyanın emisyon dağılımındaki rolü büyük bir öneme sahiptir. Çalışma alanının topoğrafya bilgileri, NASA'ya ait SRTM V2 (Shuttle Radar Topography Mission) verileri kullanılarak kullanılan modelin ön işlemcisi olan AERMAP modülü ile içe aktarılmıştır.

E. 3.3.Meteorolojik Çalışma

Model dahilinde 365 günlük durum modellenmiştir. Bunun için her güne ait saatlik meteorolojik verilerin temin edilmesi gerekmektedir. Ancak yıllar bazında hakim rüzgar yönünde değişiklikler görülebilmektedir. Bu sebeple, modellemede kullanılacak temsili bir yılın belirlenmesi ve o yılın verilerinin kullanılması gerekmektedir.

Uzun yıllar rüzgâr diyagramı Şekil 2’de verilmiştir.

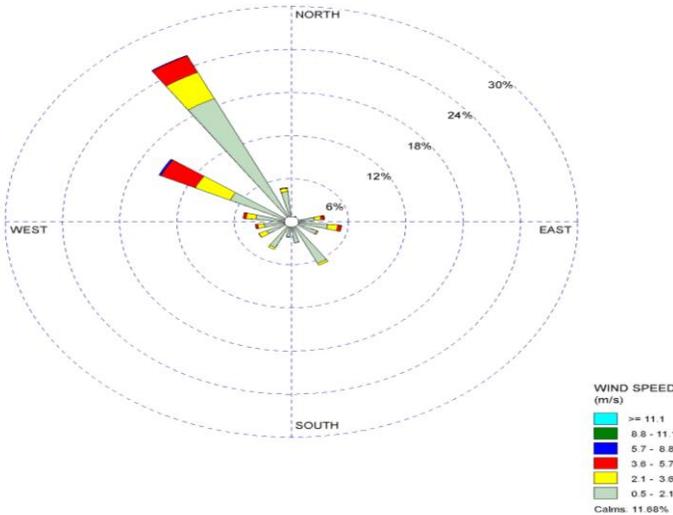
F. 3.4. Yayılım Modeli ve Modelleme Senaryoları

AERMOD, emisyon dağılımında Gauss dağılım modeli, Gauss dağılım modelini kullanmakta olup, modelin çalışabilmesi için Emisyon Bilgileri, Meteorolojik Veriler ve Topoğrafya bilgileri sisteme yüklenmiştir.

Senaryo 1; Birinci senaryoda arazi hazırlık, yol ve açık ocak işletmeciliğine bağlı madencilik faaliyetinden kaynaklı oluşacak toz emisyonları ile kırma-eleme tesisi faaliyetinden kaynaklı oluşacak toz emisyonları modellenmiştir.

Senaryo 2; İkinci senaryoda patlatmaya bağlı emisyonlar tek başına modellenmiştir.

Senaryo 3; Üçüncü senaryoda “Kümülatif Toz Emisyonu” kapsamında arazi hazırlık, yol ve açık ocak işletmeciliğine bağlı madencilik faaliyeti, patlatma ve kırma-eleme tesisi faaliyeti dahil toz emisyonuna sebebiyet verebilecek her tür emisyon kaynağı modellenmiştir.



Şekil 2. Esmeye Hızlarına Göre 2017 Yılı Rüzgar Diyagramı (Silifke Meteoroloji İstasyonu verisi)

3.4.1. PM₁₀ (Toz) Konsantrasyonları

Senaryo 1

Günlük Pm₁₀ (Toz) Konsantrasyonları



Üretim Faaliyetlerinden Kaynaklı
Günlük En Yüksek Toz Emisyonu
Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) KVS



Üretim Faaliyetlerinden Kaynaklı
Günlük En Yüksek Toz Emisyonu
Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) UVS

Aylık Çöken Toz Konsantrasyonları Yıllık Çöken Toz Konsantrasyonları



Üretim Faaliyetlerinden
Kaynaklı Aylık En Yüksek Toz
Emisyonu Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
KVS



Üretim Faaliyetlerinden
Kaynaklı Yıllık En Yüksek Toz
Emisyonu Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
UVS

Senaryo 2

Hava kalitesi modelleme çalışmasından elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur. Modelleme sonucu çıkan, en yakın yerleşimlerdeki ve hassas alanlardaki değerlere ait haritalar aşağıda verilmiştir.

Aylık Çöken Toz Konsantrasyonları Yıllık Çöken Toz Konsantrasyonları



Üretim Faaliyetlerinden
Kaynaklı Aylık En Yüksek Toz
Emisyonu Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
KVS

Üretim Faaliyetlerinden
Kaynaklı Yıllık En Yüksek Toz
Emisyonu Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
UVS

Senaryo 3

Hava kalitesi modelleme çalışmasından elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur. Modelleme sonucu çıkan, en yakın yerleşimlerdeki ve hassas alanlardaki değerlere ait haritalar aşağıda verilmiştir.

Aylık Çöken Toz Konsantrasyonları Yıllık Çöken Toz Konsantrasyonları



Üretim Faaliyetlerinden
Kaynaklı Aylık En Yüksek Toz
Emisyonu Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
KVS

Üretim Faaliyetlerinden Kaynaklı
Yıllık En Yüksek Toz Emisyonu
Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) UVS

Günlük PM10 modelleme sonuçlarına göre (KVS), bir yıl içinde SENARYO 3'te proje etki alanı içerisinde yer alan en yakın yerleşim birimleri ve hassas alanlarda PM10 sınır değeri olan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altında olduğu, (Kümülatif) çalışma alanı (ÇED izin alanı) içerisinde bulunan ve günlük PM10 sınır değeri olan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin 8 noktada aşıldığı ancak 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği” (05.05.2009 tarih ve 27219 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik”) Ek-1 Limit Değerler, Hedef Değerler, Uzun Vadeli Hedefler, Değerlendirme Eşikleri, Bilgilendirme ve Uyarı Eşikleri, B) Limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri tablosunda “bir yılda 35 defadan fazla aşılamaz” denilmekte olup bu kapsamda ilgili yönetmelikte belirtilen limit değerlerin sağlandığı görülmektedir.

Proje Etki Alanındaki Yakın Yerleşim Birimlerinde Kalker Ocağı ve Kıрма-Elleme Tesisi Projesinin SKHKK Yönetmeliği Sınır Değerleri Karşılaştırma Tablosu Tablo 3'de verilmiştir.

4.SONUÇ

* PM₁₀ toz konsantrasyonları; 3. Senaryoda proje etki alanı içerisinde yer alan en yakın yerleşim birimleri ve hassas alanlarda PM₁₀ sınır değeri olan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altındadır. Y:546448.200; X:4007697.690 noktasında bir yılda 19 defa, Y:547451.000; X:4007697.690 noktasında bir yılda 2 defa, Y:546949.600; X:4007697.690 noktasında bir yılda 5 defa, Y:546448.200; X:4008204.600 noktasında bir yılda 3 defa, Y:548453.800; X:4007697.690 noktasında bir yılda 22 defa, Y:546949.600; X:4008204.600 noktasında bir yılda 11 defa, Y:546448.200; X:4008711.510 noktasında bir yılda 1 defa ve Y:547451.000; X:4008204.600 noktasında bir yılda 1 defa $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sınır değeri aşılmış olup ilgili yönetmelikte belirtilen “bir yılda 35 defadan fazla aşılamaz” koşulu sağlanmaktadır.

* En yakın yerleşim yerleri olan Yanışlı Mahallesi, Koçaşlı Mahallesi, Yanışlı Mahallesi (Eski Yerleşim Yeri), Tepeköy Mahallesi ve Beydili Mahallesi'nde PM10 ve çöken toz konsantrasyonları yönetmelikte verilen sınır değerinin altında kalmaktadır.

Tablo 3. Proje Etki Alanındaki Yakın Yerleşim Birimlerinde Kalker Ocağı ve Kırma-Elementesi Tesisi Projesinin SKHKK Yönetmeliği Sınır Değerleri Karşılaştırma Tablosu

| YER | PARAMETRE | SKHKK YÖNETMELİĞİ SINIR DEĞERİ | | KONTROLLÜ ŞARTLAR | | PATLATMA | | KÜMÜLATİF | |
|---|-----------|--|------------------------------|-------------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | | KVS | UVS | SENARYO 1 | | SENARYO 2 | | SENARYO 3 | |
| | | | | KVS | UVS | KVS | UVS | KVS | UVS |
| Yanışlı Mahallesi | PM10 | 50 µg/m ³ (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz) | 40 µg/m ³ | 5.19817 | 0.09395 | 0.02008 | 0.00006 | 5.19817 | 0.09615 |
| | Çöken Toz | 390 mg/(m ² -gün) | 210 mg/(m ² -gün) | 0.00788 | 0.09454 | 0.00031 | 0.00371 | 0.00788 | 0.09454 |
| Koçaşlı Mahallesi | PM10 | 50 µg/m ³ (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz) | 40 µg/m ³ | 16.67889 | 1.79381 | 0.64826 | 0.00414 | 16.69978 | 1.79879 |
| | Çöken Toz | 390 mg/(m ² -gün) | 210 mg/(m ² -gün) | 0.30202 | 3.62422 | 0.00748 | 0.08971 | 0.30949 | 3.71393 |
| Yanışlı Mahallesi (Eski Yerleşim Yeri) | PM10 | 50 µg/m ³ (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz) | 40 µg/m ³ | 4.37262 | 0.07276 | 0.0042 | 0.00001 | 4.37296 | 0.07384 |
| | Çöken Toz | 390 mg/(m ² -gün) | 210 mg/(m ² -gün) | 0.02134 | 0.25608 | 0.00005 | 0.00055 | 0.02134 | 0.25608 |
| Tepeköy Mahallesi | PM10 | 50 µg/m ³ (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz) | 40 µg/m ³ | 11.43776 | 0.51274 | 0.83028 | 0.01345 | 11.46454 | 0.52954 |
| | Çöken Toz | 390 mg/(m ² -gün) | 210 mg/(m ² -gün) | 0.07493 | 0.89921 | 0.02524 | 0.30288 | 0.10017 | 1.20209 |
| Beydilli Mahallesi | PM10 | 50 µg/m ³ (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz) | 40 µg/m ³ | 1.85771 | 0.06159 | 1.39223 | 0.01348 | 1.85771 | 0.07592 |
| | Çöken Toz | 390 mg/(m ² -gün) | 210 mg/(m ² -gün) | 0.06254 | 0.75047 | 0.02953 | 0.35435 | 0.06254 | 0.75047 |

SENARYO 1: Madencilik ve Kırma-Elementesi Tesisi Faaliyeti

SENARYO 2: Patlatma Faaliyeti

SENARYO 3: Madencilik, Kırma-Elementesi, Patlatma Faaliyeti ile Kömür Yakıtı ve Stabilize Yollar

* Proje faaliyetlerinin havada asılı toz ve çöken toz değerlerinin 2024 yılı sınır değerlerini sağladığı görülmektedir. Buna ek olarak mevcut modelleme çalışması en kötü durum senaryosuna göre yapılmış olup, faaliyet sırasında tozuma karşı önlemler alınacağından, projenin çevresel etkilerinin bu modelde yer alandan daha da az etkili olacağı beklenmektedir.

KAYNAKÇA

Ay, E. F., Balta, M., Çolak, M., Semercioğlu, H. (2010). Hava Kirliliği ve Modellemesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya

Demirarslan, O., Çetin, Ş., Savaş, A. (2008). Hava Kirliliği Belirlemelerinde Modelleme Yaklaşımı ve Modelleme Aşamasında Karşılaşılabilecek Sorunlar, *Çevre Sorunları Sempozyumu*,322-334, Kocaeli

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (2014). Ankara

HKDYY (2008). Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, Ankara

ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİM (ORC) İLE ÇALIŞAN TEK KADEMELİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA ÇEVİRİMİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

*Thermodynamic Analysis Of Single Stage Absorption Cooling Cycle
Working With Organic Rankine Cycle (ORC)*

Canan CİMŞİT*

1.Giriş

Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir kısmı fosil yakıtlarından karşılanmakta olup, bu fosil yakıtların hızla tükenmesi karşında yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi arttırmıştır. Jeotermal, güneş ve atık ısı enerjiler önemli alternatif enerji kaynaklarını oluşturmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarının çevreye zararlı etkilerinin az olması önemini ve değerini de artırmaktadır. Soğutma alanında da teknolojinin ve sanayinin gelişmesiyle birlikte artan enerji tüketimi nedeniyle mevcut klasik soğutma sistemleri yerine alternatif enerji kaynaklarını kullanan absorbsiyonlu soğutma sistemleri günümüzde cazip bir seçenek olmuştur.

Absorbsiyonlu soğutma sistemi, buhar sıkıştırılmalı mekanik soğutma sistemine oldukça benzerdir. Soğutma yükü, soğutucu akışkanın buharlaştırıcıda buharlaşmasıyla karşılanır. Soğutma elde etmek için buhar sıkıştırılmalı mekanik soğutma sistemindeki mekanik ve elektrik enerjisi yerine absorbsiyonlu soğutma sisteminde ısı enerjisi kullanılmaktadır. Bunun sağlamış olduğu avantajlarla çeşitli endüstriyel tesislerdeki atık ısı enerjisinin değerlendirilmesi ve tükenmez bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin kullanılması yoluyla enerjinin pahalı olduğu günümüzde absorbsiyonlu soğutma sistemleri daha ekonomik olur (Yamankaradeniz vd., 2002). Absorbsiyonlu soğutma sistemi, buharlaştırıcı, absorber, generatör (kaynatıcı), yoğusturucu, eriyik ısı değiştiricisi ve pompadan oluşur. Bu soğutma sistemlerinde iki akışkan çifti dolaşır. Bu akışkanlardan biri soğutucu akışkan olup, diğeri yutucu (absorbent) akışkandır. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde LityumBromür (LiBr)-su ve Amonyak-su en yaygın olarak kullanılan akışkan çiftleridir.

Çeşitli ısı kaynaklarından (jeotermal, güneş, atık ısı vb.) elektrik enerjisinin elde edilmesinde kullanılan organik Rankine çevrimlerinin, orta ve büyük ölçekli güç santrallerinde kullanılan ve iş yapan akışkan olarak su kullanılan Rankine çevrimlerine göre bazı avantajları bulunmaktadır. Organik Rankine çevrimlerinde kritik sıcaklığı ve basıncı düşük, moleküler kütlesi yüksek ve korozyon tehlikesi daha az olan

* Kocaeli Üniversitesi, Gölcük MYO, Gölcük-Kocaeli.

hidrokarbon bileşikleri iş yapan akışkan olarak kullanılmaktadır. Bileşiğin yüksek moleküler kütlesinin olması akışkanın ORC sistemlerindeki türbinin kanatçıklarına düşük hızla çarpması ve bu sebeple türbinin dolayısıyla sistemin ömrünün uzun olmasını sağlamaktadır. Ayrıca ORC sistemlerinde akışkan daha düşük sıcaklık ve basınçta çalıştığı için sistemdeki ekipmanların mekanik ve termal gerilimi daha azdır. Bu ve buna benzer avantajlar düşük sıcaklık ve basınçtaki kaynaklardan güç üretimi için ORC sistemlerini daha cazip hale getirmektedir (Kavasogulları ve Cihan, 2015).

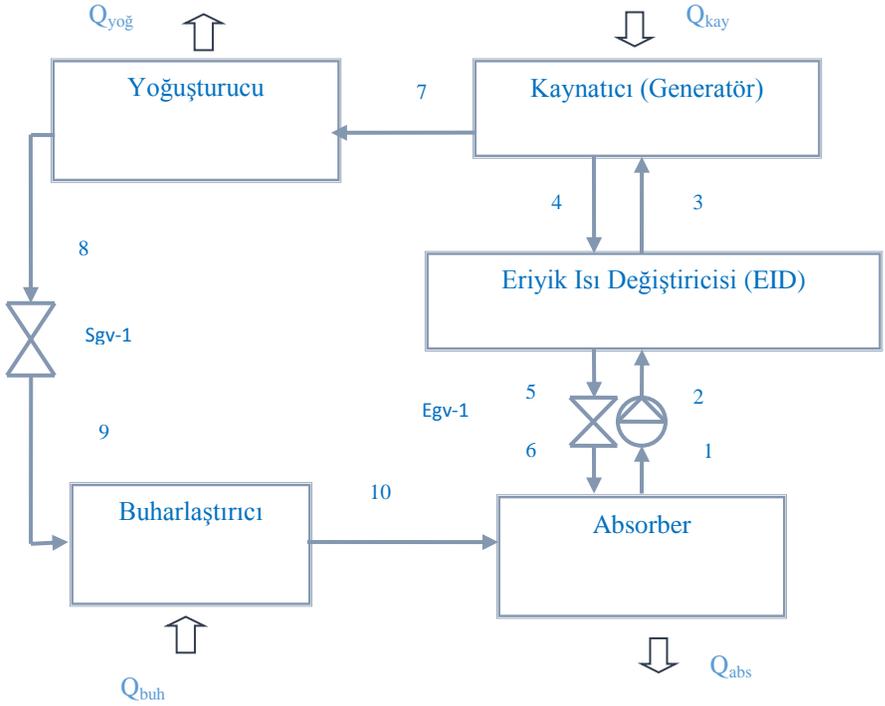
ORC sistemlerinde hidrokarbonlar, siloksanlar, alkoller, eterler gibi organik akışkanlar kullanılmaktadır. Bu akışkanların buharlaşma gizil ısıları suya oranla daha düşük olduğundan, akışkanı buharlaştırmak için daha az ısı kullanılmaktadır. Bununla birlikte, organik sıvıların düşük gizil ısı, buhar Rankine çevrimlerine kıyasla daha büyük kütle akış oranlarının kullanılmasını gerektirmektedir. Bu sebeple, akışkanın sürekli döngüsünü sağlayacak olan pompanın harcayacağı enerji, organik Rankine çevrimi sistemlerinin enerji verimliliğini etkileyen önemli bir parametre olmaktadır (Konur ve diğ., 2017)

Bu çalışmada Organik Rankine Çevrimi ile tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevriminin birlikte tasarlandığı düşünülerek elde edilen çevrimin teorik termodinamik analizi yapılmıştır. Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevriminin absorpsiyonlu kısmında LiBr-H₂O akışkan çifti ve Organik Rankine Çevriminde ise (ORC) R-123 seçilmiştir. Analizde çevrimin soğutma çevrimi, güç çevrimi ve toplam çevrim verimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Tek Kademeli Absorpsiyonlu Soğutma Çevrimi

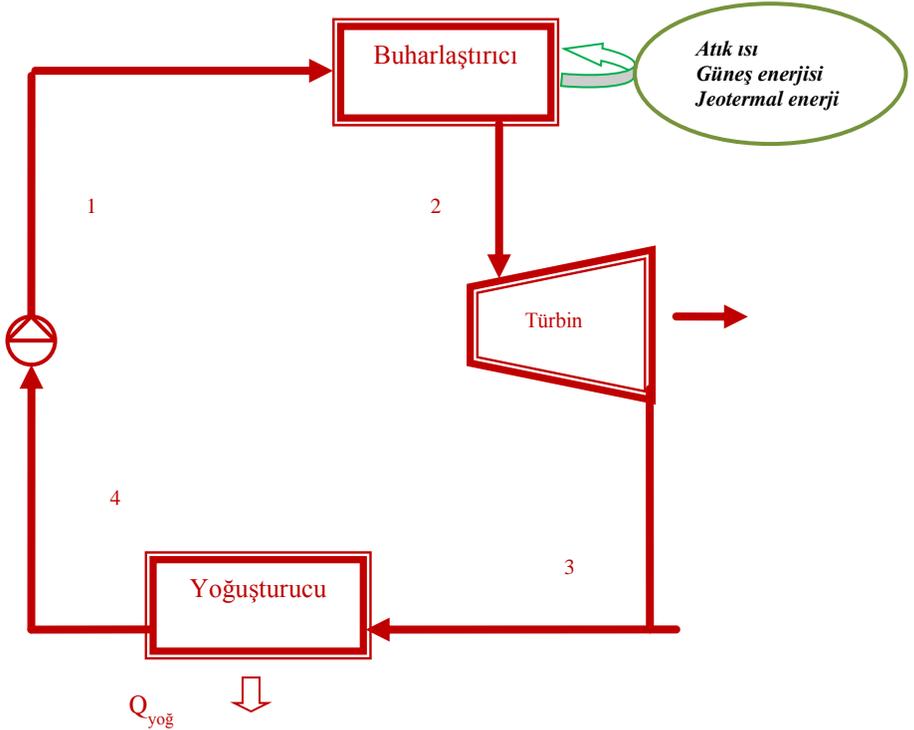
Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevriminin absorpsiyonlu kısmında LiBr-H₂O akışkan çifti kullanıldığı kabul edilerek oluşturulan çevrim Şekil 1'de gösterilmiştir. Çevrimde absorberden çıkan LiBr bakımından fakir olan eriyik bir pompa aracılığı ile ısı değiştiricisinden geçerek kaynatıcıya (generator) gelir. Sıcak ve yüksek basınçtaki soğutucu akışkan kaynatıcıdan yoğunlaştırıcıya girer. Kaynatıcıda eriyikten soğutucu buharının ayrılmasıyla LiBr bakımından zenginleşen eriyik ısı değiştiricisinden geçerken fakir eriyiğe ısı vererek absorbere geri döner. Yoğuşturucudan doymuş sıvı olarak çıkan soğutucu akışkan kısılma vanası aracılığıyla buharlaştırıcı basıncına kadar genişletilir. Burada soğutucu akışkan soğutulan ortamdan aldığı ısıyla buharlaşarak absorbere girer. Absorberde, ısı değiştiricisinden geçerken ısı verip, daha sonra bir kısılma vanasında absorber basıncına kısılan zengin eriyik, buharlaştırıcıdan gelen soğutucu akışkan buharını absorbe edererek LiBr bakımından fakir hale gelen eriyik bir pompa aracılığı ile tekrar kaynatıcıya gönderilir (Cimşit ve Öztürk, 2012).



Şekil 1. Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi.

2.2. Organik Rankine Çevrimi (ORC)

Organik Rankine Çevrimi (ORC), çeşitli kaynaklardan (jeotermal, güneş, atık ısı vb.) elde edilen ısı enerjisinin akışkanın buharlaştırılması, sıcaklığı ve basıncı yüksek akışkan buharının türbini tahrik ederek elektrik elde edilmesi şeklinde çalışmaktadır (Şekil 2). Türbinde genişleyen akışkan yoğuşturucuda sıvı hale dönüştürülmekte ve pompa yardımıyla basıncı yükseltilip tekrar buharlaştırıcıya gönderilerek çevrim tamamlanmaktadır (Kavasoğulları ve Cihan, 2015).



Şekil 2. Organik Rankine Çevrimin (ORC).

2.3. Organik Rankine Çevrimi (ORC) ile Çalışan Tek Kademeli Absorbsiyonlu Soğutma Çevrimi

Bir Organik Rankine Çevrimi (ORC) ile çalışan tek kademeli absorbsiyonlu soğutma çevrimi Şekil 3'te gösterilmiştir. Çevrimin çalışması tek kademeli soğutma çevrimin soğutma sistemiyle aynı olup, Organik Rankine Çevrimi ile birleşiminden oluşmuştur. Organik Rankine Çevrim (ORC) ile çalışan tek kademeli absorbsiyonlu soğutma çevriminin absorbsiyonlu kısmında LiBr-H₂O akışkan çifti ve Organik Rankine Çevrim (ORC) için de R-123 kullanıldığı kabul edilmiştir. Çeşitli kaynaklardan elde edilen ısı enerjisi türbinde elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

Çevrimlerin termodinamik analizine temel oluşturacak aşağıda belirtilen birtakım kabuller yapılmıştır, bunlar:

1. Analiz sürekli rejim şartlarında yapılmıştır.
2. Kaynatıcı çıkışındaki akışkan doymuş buhar olup sıcaklığı, kaynatıcı sıcaklığındadır.
3. Yoğuşturucudan çıkan soğutucu akışkan, doymuş sıvı fazındadır.
4. Evaporatörden çıkan soğutucu akışkan, doymuş buhar fazındadır.

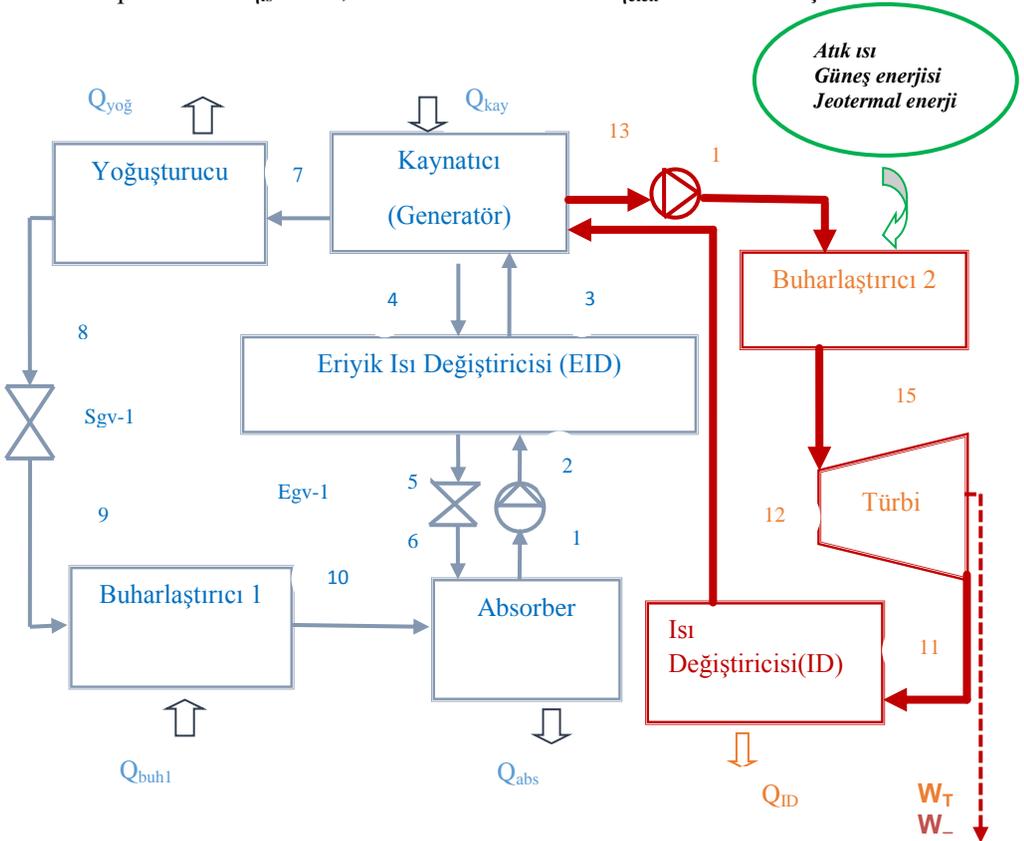
5. Absorberden çıkan eriyik, absorber basıncı ve sıcaklığında denge halindedir.

6. Kaynatıcıdan çıkan eriyik, kaynatıcı sıcaklığı ve basıncında denge halindedir.

7. Sistemde bütün basınç kayıpları ihmal edilmiştir.

8. Çeşitli kaynaklardan elde edilen ısı enerjisi Buharlaştırıcı 2'de akışkana verilmektedir.

Ayrıca Organik Rankine Çevrimindeki (ORC) türbinin izantropik verimi $\eta_{is}=0.90$, elektrik motor verimi $\eta_{elek}=0.90$ alınmıştır.



Şekil 3. Organik Rankine Çevrimi (ORC) ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi.

Çevrim için genel kütle dengesi ve LiBr için kütle dengesi kararlı rejim şartlarında çalışma için aşağıdaki denklemlerle elde edilebilir (Yamankaradeniz vd., 2002).

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_\zeta \quad (1)$$

$$\sum \dot{m}_g .x_g - \sum \dot{m}_\zeta .x_\zeta = 0 \quad (2)$$

Sürekli akışlı açık bir sistem için enerji dengesi aşağıdaki gibi yazılabilir (Yamankaradeniz vd., 2002):

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{H}_\zeta - \sum \dot{H}_g \quad (3)$$

Organik Rankine çevrim (ORC) ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sisteminin enerji denklilikleri aşağıda verilmiştir.

Kaynatici (Generatör):

$$\dot{Q}_{kay} = \dot{m}_7 .h_7 + \dot{m}_4 .h_4 - \dot{m}_3 .h_3 \quad (4)$$

Yoğusturucu 1:

$$\dot{Q}_{yoğ} = \dot{m}_8 .(h_8 - h_7) \quad (5)$$

Absorber:

$$\dot{Q}_{abs} = \dot{m}_1 .h_1 - \dot{m}_{10} .h_{10} - \dot{m}_6 .h_6 \quad (6)$$

Buharlaştırıcı 1:

$$\dot{Q}_{buhl1} = \dot{m}_{10} .(h_{10} - h_9) \quad (7)$$

Buharlaştırıcı 2:

$$\dot{Q}_{buhl2} = \dot{m}_{15} .(h_{15} - h_{14}) \quad (8)$$

Eriyik Isı Değiştiricisi (EID):

$$\dot{Q}_{EID} = \dot{m}_4 .(h_4 - h_5) = \dot{m}_3 .(h_3 - h_2) \quad (9)$$

Isı Değiştiricisi (ID):

$$\dot{Q}_{ID} = \dot{m}_{12} .(h_{12} - h_{11}) \quad (10)$$

Türbin:

$$\dot{W}_T = \dot{m}_{15} \cdot (h_{15} - h_{11})$$

(11)

ORC Pompası:

$$\dot{W}_{ORC - pompa} = \dot{m}_{14} \cdot (h_{14} - h_{13})$$

(12)

Eriyik Pompası:

$$\dot{W}_{pompa} = \dot{m}_2 \cdot (h_2 - h_1)$$

(13)

Sisteminin absorpsiyonlu kısmının soğutma performans katsayısı (COP_{abs}):

$$COP_{abs} = \dot{Q}_{buhl} / (\dot{Q}_{kay} + \dot{W}_{pompa})$$

(14)

Güç çevrimi termal verimi:

$$\eta_{güç} = \dot{W}_T - \dot{W}_{ORC - pompa} / \dot{Q}_{buhl - ORC}$$

(15)

Tüm sistemin termal verimi:

$$\eta_{sevg} = \dot{Q}_{buhl} + \dot{W}_T / (\dot{Q}_{buhl - ORC})$$

(16)

Soğutma çevrimlerinde kullanılan LiBr-H₂O eriyiği ilgili termodinamik özellikler literatürde verilen bağıntılar yardımıyla elde edilmiştir (Kaita, 2001).

2.4. Hesaplama Sonuçları

Bu çalışmada analiz edilen Organik Rankine çevrim (ORC) ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevriminin (Şekil 1) bütün noktalarındaki termodinamik özellik değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sisteminin absorpsiyonlu kısmında LiBr-H₂O akışkan çifti ve Organik Rankine Çevrim (ORC) için de R-123 seçilerek analiz yapılmıştır. Sistemin çalışma koşulları olarak T_{buhl}=5°C ve T_{yoğl}=35°C, soğutma yükü 200 kW alınmıştır.

Tablo 1. Analiz edilen çevrimin çeşitli noktalarındaki termodinamik özellikleri.

| Akış No | Sıcaklık (°C) | h (kJ/kg) | m (kg/s) | X (%LiBr) |
|---------|---------------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 35 | 88.248 | 0.819 | 55.210 |

| | | | | |
|----|-------|----------|-------|--------|
| 2 | 35.2 | 88.652 | 0.819 | 55.210 |
| 3 | 62 | 143.495 | 0.819 | 55.210 |
| 4 | 80 | 197.451 | 0.904 | 60.400 |
| 5 | 48.5 | 137.454 | 0.904 | 60.400 |
| 6 | 48.5 | 137.454 | 0.904 | 60.400 |
| 7 | 80 | 2643.100 | 0.085 | - |
| 8 | 35 | 146.600 | 0.085 | - |
| 9 | 5 | 146.600 | 0.085 | - |
| 10 | 5 | 2509.700 | 0.085 | - |
| 11 | 90.72 | 437.600 | 2.021 | - |
| 12 | 85 | 432.660 | 2.021 | - |
| 13 | 85 | 291.320 | 2.021 | - |
| 14 | 85.33 | 291.650 | 2.021 | - |
| 15 | 110 | 446.170 | 2.021 | - |

Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevriminin kaynatıcısı (generatör) için gerekli olan ısıl enerjisi 285.637kW olarak hesaplanmıştır (Tablo 2). Organik Rankine Çevrimi ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevrimi için gerekli olan toplam ısıl enerji 312 kW olup, jeotermal enerji, güneş enerjisi ve atık ısı gibi alternatif enerji kaynaklarıyla karşılanabilmesi mümkündür. Ayrıca önerilen bu çevrim ile güç üretmekte ($W_T=15.57$ kW) mümkün olmaktadır.

Tablo 2. Düşünülen çevrimin sistem elemanlarının kapasite değerleri.

| Organik Rankine çevrim (ORC) ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevrimi (LiBr-H₂O/ R-123) | |
|---|---------|
| Q_{kay} (kW) | 285.637 |
| $Q_{abs.}$ (kW) | 265.308 |
| Q_{buh1} (kW) | 200 |
| Q_{yog} (kW) | 212.203 |
| W_{pompa} (kW) | 0.331 |
| W_T (kW) | 15.57 |
| $W_{ORCpompa}$ (kW) | 0.667 |
| Q_{ID} (kW) | 9.984 |
| Q_{buh2} (kW) | 312 |

Organik Rankine Çevrim (ORC) ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevriminin absorpsiyon kısmının soğutma tesir katsayısı ($COP_{abs.}$) 0.699 olarak elde edilmiştir (Tablo 3). Organik Rankine Çevriminin (ORC) güç verimi % 4.8 ve Organik Rankine Çevrim (ORC) ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevriminin genel verimi ise %69.1 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Analiz edilen çevrimin soğutma tesir katsayısı ve verim sonuçları

| Organik Rankine çevrim (ORC) ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevrimi (LiBr-H₂O/ R-123) | |
|---|-------|
| COP_{abs} | 0.699 |
| $\eta_{ORC-güç}$ | 0.048 |
| $\eta_{çevg}$ | 0.691 |

3.Sonuç ve Öneriler

Günümüzde teknolojik gelişmeler absorpsiyonlu soğutma sistemlerini buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerine alternatif çözüm olarak sunmaktadır. Absorpsiyonlu soğutma sistemleri ile daha ekonomik ve verimli bir soğutma yapmak mümkün olabilmektedir. Organik Rankine Çevrimi ile alternatif enerji kaynaklarından (çeşitli atık ısı kaynakları, güneş enerjisi ve jeotermal enerji) elektrik enerjisi elde etmek mümkündür. Son yıllarda bu çevrimle ilgili çalışmalar her geçen gün daha da artmaktadır. Bu kapsamda bu çalışmada Organik Rankine Çevrimi ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevriminin termodinamik analizi yapılmıştır. Çevrimin absorpsiyonlu kısmında LiBr-H₂O akışkan çifti ve Organik Rankine Çevriminde (ORC) ise R-123 kullanıldığı kabul edilmiştir. Teorik olarak analiz edilen çevrimin soğutma çevrimi, güç çevrimi ve toplam çevrim verimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Analiz sonuçlarından Organik Rankine Çevrim (ORC) ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevriminin absorpsiyon kısmının soğutma tesir katsayısı (COP_{abs}) 0.699 olarak bulunmuştur. Organik Rankine Çevriminin (ORC) güç verimi % 4.8 ve Organik Rankine Çevrim (ORC) ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevriminin genel verimi ise % 69.1 olarak hesaplanmıştır.

Teorik olarak incelenen bu Organik Rankine Çevrimi ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma çevrim ile alternatif enerji kaynaklarını (güneş enerjisi, jeotermal enerji ve atık ısı) kullanarak hem soğutma yapmak hem de güç üretmek mümkün olmaktadır. Ayrıca soğutmada artan enerji ihtiyacının karşılanmasında alternatif olarak önerilen bu çevrimde kullanılan akışkanlardan dolayı ozon tabakasına zarar vermeden daha etkin soğutma yapma imkânı da bulunmaktadır.

4. Semboller

COP Soğutma tesir katsayısı

| | |
|-----------|--------------------------|
| Egv | Eriyik genleşme valfi |
| EID | Eriyik Isı Değişiricisi |
| h | Entalpi [kJ/kg] |
| \dot{m} | Kütlesel debi [kg/s] |
| P | Basınç [kPa] |
| \dot{Q} | Isıl güç [kW] |
| Sgv | Soğutkan genleşme valfi |
| T | Sıcaklık [$^{\circ}$ C] |
| x | Konsantrasyon |
| \dot{W} | İş [kW] |
| G. | |
| H. | Alt indisler |
| abs | Absorber, absorbsiyon |
| buh | Buharlaştırıcı |
| ç | Çıkış |
| çevg | Çevrim genel |
| g | Giriş |
| ID | Isı Değişiricisi (ID) |
| kay | Kaynatıcı |
| ORC | Organik Rankin Çevrimi |
| T | Türbin |
| yoğ | Yoğuşturucu |

5. Kaynaklar

Yamankaradeniz, R., Horuz, İ. Ve Çoşkun, S. (2002). Soğutma Tekniği ve Uygulamaları. Bursa: Vipaş A.Ş., Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı,

Kavasoğulları, B. ve Cihan, E. (2015). Organik Rankine Çevrimi (ORC) ile birlikte çalışan buhar sıkıştırırmalı bir soğutma çevriminin ekserji analizi. Tesisat Mühendisliği, Sayı 150.

Konur, O., Pamık, M., ve Çoplpan, Ö. (2017). Liman sahasındaki gemilerde Organik Rankine Çevriminin yakıt kazancı ve egzoz salımına etkisi. III. Ulusal Liman Kongresi. doi: 10.18872/DEU.df.ULK.2017.015

Cimsit, C. and Oztürk, İ.T. (2012). Analysis of compression-absorption cascade refrigeration cycles. Appl. Therm. Eng., 40, 311-317.

Kaita, T. (2001). Thermodynamic properties of lithium bromide-water solutions at high temperatures. Int. J. Refrigeration, 24, 374-390.

**JURA DÖNEMİ DENİZLERİNİN HAKİMLERİ
AMMONİTLER VE DENİZ LALELERİNE AİT FOSİL
ÖRNEKLERİ TAŞOVA (AMASYA)-NİKSAR (TOKAT)**

*Ammonites Of The Sea In The Period Of Dinosaurs (Jura) Ammonities
And Sea Families Tasova (Amasya) -Nıksar (Tokat) Examples*

Özlem TOPRAK * & Mehmet AKYAZI & Nazire ÖZGEN
ERDEM*** & Fadime SUATA ALPASLAN******

Öz: Sanatsal görünüşleri, geçmişe ait bilgileri ile son derece önemli olan ammonitler, günümüzdeki ahtapodlarla akraba olan bir organizma grubudur. Paleontoloji bilimi kapsamında, özellikle tortul kayaların, yaşlandırılması ve ortam yorumlarında etkin rolleri olan ammonitler, Kitlesel yok oluş olarak tarihe geçen ve 65 milyon yıl önce gerçekleşen ve dinazorların sonunu getiren felaket olarak ta bilinen Kretase-Tersiyer Yok Oluşu ile yer yüzünden silinmiştir.

Genelde açık, derin denizlerde nektik yaşamış bu organizmaların kalıntıları Himalya'lardan, Alp Dağlarına kadar uzanan kuşakta görülmekte olup, Ülkemizde de yaygın olarak bulunurlar ve zengin çeşitlilik sunarlar. Özellikle, Bartın, Amasra, Ereğli, Zonguldak, Eskişehir, Bilecik, Söğüt, Gerede, Seben, Göynük, Abant, Bolu, Beypazarı, Nallıhan, Ankara, Cide, İnebolu, Kastamonu, Ladik, Amasya, Tokat, Samsun ve yakın civarları ammonit fosillerinin görüldüğü lokalitelerdir.

Anahtar Kelimeler: Taşova (Amasya), Nıksar (Tokat), Stratigrafi, Biyostratigrafi, Ammonodia

Abstract: Dinosaurs, beginning from the end of Triassic times (230 million years ago) and continuing their lives until mass extinction at the end of the Cretaceous (65 million years ago), are called horrible lizards; Triassic resided dark near the equator of the Pangea Continent, both Lavrasia in the north and the Gondwana continent in the south.

Ammonites with sea lilies that lead a quiet life in from shallow sea to a depth of 9000 m, they were making friends with them in spite of the fact that they never encounter with their heterotroph / Holozoic (Consumer / Ecological) horrible lizard friends living in the terrestrial life. That keep their assets in a different ecosystem and with hard shells dominated by the sea, with giant shells reaching up to 400 cm long by 1 cm thick .

Ammonites and sea likes has abundantly left fosil form on our country which way loccated on the northeastern of the Tethyan Ocean during the Mesozoic period. The scientific visual exhibition formed by the living remains of the sea lilies from the stalks (antrokt) and the dinosaurs dominate the famous sometimes with their pearl shells and sometimes with their prit gleanig their appearance with golden shining and spiral aesthetic constructions and ammonites that have recently gained commercial value as ornamental jewelry with it is thought to createdawareness and interest. will create awareness and interest.

The exhibition, which includes ammonites and crinoid fossils compiled from the Taşova (Amasya) and Niksar (Tokat) regions, will be presented through provided posters enriched by the information belong to these fossils.

Keywords: Taşova (Amasya), Niksar (Tokat), Stratigraphy, Biostratigraphy, Ammonodia

1.GİRİŞ

Çok eski tarihlerde yaşamış ve fosilleşmiş olan özellikle denizel fosillerin güncel benzerleri olmadığından dolayı popülariteleri oluşamamıştır. Bu nedenle de varlıkları bilinmemekte ve dolayısıyla da önemsenmemektedirler. Yapılan bu yüzey araştırmasında ülkemizdeki doğa tarihi varlıklarının önemli belgeleri niteliğinde olan mikro/makro fosil yataklarının varlığıyla ilgili farkındalık oluşturmak ve çekici görünümüleriyle son zamanlarda ilgi çeken ammonit fosil grubunu oluşturan ammonit fosil yataklarının bulunduğu lokasyonları belirleme konusunda çalışma yapılmıştır. Amaca yönelik olarak hedef alan içerisindeki Mesozoyik zamanına ait ammonit yatakları belirlenmiş ve örnekleme yapılmıştır.

Ammonitler çok eski çağlardan beri birçok uygarlık için önemli bir sanatsal yapıt olmuştur. Eski Mısır'da insanlar boynuz şeklindeki taşların Tanrı AMMON' un boynuzları olduğuna inanmışlar ve bu fosilleri kutsal saymışlar ve mimari eserlerinde kullanmışlardır. Ammonit temaları özellikle Roma dönemi Zeus heykellerinde (Foto 1) ve imparatorluğa ait sütun mimarisinde yaygın olarak kullanılmışlardır (Foto 2).



Foto1. Zeus heykeli

Foto2. Roma imparatorluk sütunu

(<https://i.pining.com/originals/de/8a/80/de8a8039375958094a6a825b82742dda.jpg>)

Foto 2.<http://i2.wp.com/www.sanatduvari.com/wp-content/uploads/2016/01/sutun.jpg>

Romalı Pliny kutsal olarak kabul edilen bu fosilleri yazıya döken ilk tarihçidir. Kitabında bu taşlara *Cornua Ammonis* adını vermiştir ve Eski Yunan'da uykusuzluk çekenlere yatmadan önce yastıklarının altına Ammon boynuzu olarak adlandırdıkları ammonit fosillerini koymalarını tavsiye ettiklerini ve bu sayede bütün kötülüklerden korunacaklarına inandıklarını yazmıştır (fusunalkaya.net). Bütün bu mitolojik inanışlarda uygarlıklar boyunca bu fosilleri mimari kullanımları başta olmak üzere değerli kılmıştır



Foto 3-4. Ammonit kullanım alanları (<http://www.fusunalkaya.net/mammnt.ppt>)

Mesozoyik zamanının derin denizlerinde hüküm süren, gerek boyutlarıyla, gerekse de şekilleri ile dikkat çekici organizmalardır ammonitler . Günümüzün popüler ve medyatik olmayan sessiz zenginliği (İnan, 2013) olan bu fosil yataklarının korunması, tanıtılması ve gelecek kuşaklara miras olarak bırakılmasının önemi oldukça büyüktür. Konunun daha iyi anlaşılması için öncelikle fosilleşme konusu ele alınmış, Ammonitlerin genel özelliklerinden bahsedilmiş ve son bölümde ise ammonitlerin önemi üzerinde durulmuştur.



Foto 5. Ammonit illüstrasyonu

Foto 6. Ammonit fosili

(<https://www.pixabay.com>)

(<https://www.ekopangea.com>)

Fosilleşmeye genel bir bakış...

Xenophane bundan yaklaşık 2500 yıl öncesinden yani M.Ö. 6 yy da Siklad adalarında sedimanter kayalar içerisinde bazı bitki ve hayvan kalıntlarına rastlamıştır. Daha sonraki dönemlerde de Herodot ve Aristo'da bu kalıntılara rastlamış ve bunların denizde yaşayan bazı canlılara çok benzediğini düşünmüşlerdir (Fidan 2010). M.Ö. 2. yy. da yaşamış olan Strabon' un değerlendirmesi ise bugünkü yaklaşımlara paralellik gösterir ve bu kalıntıların bir deniz istilası sonucu oluştuğu şeklindedir. Bu tarihsel hikayenin kahramanları arasına Ibn-i Sina' dan Leonardo da Vinci' ye kadar pek çok ünlü meraklılarının katıldığı söylenebilir.

Canlı kalıntılarının günümüze fosil olarak ulaşması için fosilleşme şartları olarak ifade edilen bazı özel şartları yerine getirilmiş olması gerekmektedir. Yerkabuğunu oluşturan kayaların çeşitli doğal

etkilerle aşınarak parçalanması ve bu kırıntılı malzemenin de su, rüzgar, buzul gibi taşıma araçları ile uygun bir ortama taşınarak depolanması sonucu tortul yapılar, uzun bir jeolojik zaman dilimi boyunca gerçekleşen gömülmenin de etkisi ile diyajenez dediğimiz evre sonucunda taşlaşırlar. Bu tortullaşma ve çökme sonrasında, canlıların gövdeleri, yaşamış olduğu ortama bağlı olarak farklı türdeki tortullar içine gömülür ve atmosferik olayların etkilerinden korunarak fosilleşme şartı sağlandığından fosilleşme başlamış olur. Canlının ölümünden sonra, atmosferik etkilerden korunma sağlanıncaya kadar geçen süre, fosilleşme şartlarının önemli bir maddesini oluşturur. Bu zaman diliminin kısalığı, fosilleşecek canlı gövdesinin, tamamının çürümeden fosilleşme ihtimalini artırırken (ani gömülme), bu zaman diliminin uzunluğu ise yumuşak kısımların bakteriyel etkilerle çürümesine, sert olan kavrık kısımlarının da atmosferik etkenlerle parçalanmasına neden olup kalıntının yok olmasına neden olacaktır.

Ammonitlerin Özellikleri Nelerdir?

Sert bir yapıya sahip olan ammonit kabukları, saatler içinde bulunan zembereğe benzemektedir. Sarmal bir görünüme sahip olan bu kabuklar, yassı şeklindedirler. Ayrıca, salyangozlarda bulunan koruyucu kabuklara da benzerler ve ammonit kabuklarının içerisinde odacıklar halinde bölmeler bulunmaktadır (Foto 7-8). İlgili kabuklar, salyangozlarda olan kabuklar ile bu bakımdan farklılık gösterirler. Yapılan araştırmalar sonucunda, ammonit kabuklarının çaplarının 3 metreye kadar büyüebildikleri görülmüştür.

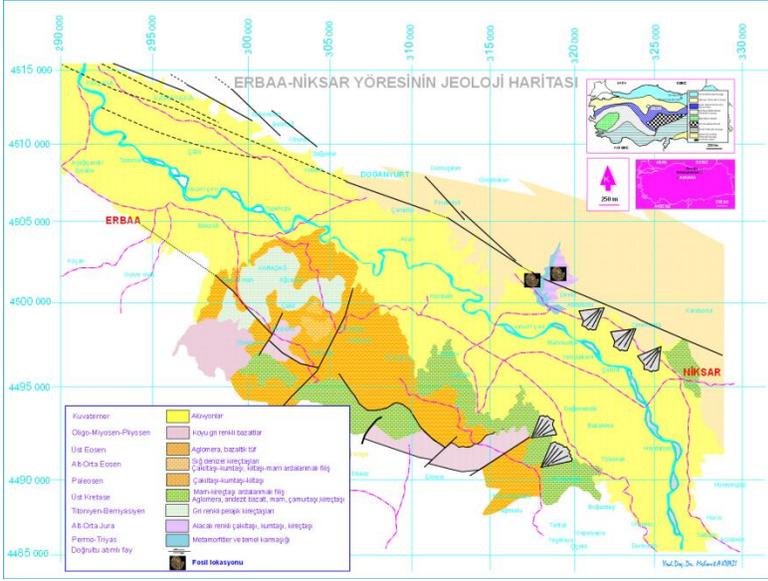


Foto 7-8. Ammonit kavkısı (<https://www.bilgiustam.com>)

Ammonit ile ilgili bütün bilgiler, sadece fosilleşmiş kabuklarından ibaret olduğu için, bilim adamları tarafından neye benzedikleri konusunda net bir şey açıklanmamıştır, fakat sedefli nautilus adlı deniz canlısıyla benzerlik gösterdikleri yönünde düşünceler mevcuttur. Ayrıca sedefli nautiluslar, ammonitlerin günümüzdeki akrabaları olarak görülmektedir. Bunun nedeni ise, sedefli nautilusların da kabuklarının olmasıdır.

Ammonit fosilleri, içinde buldukları kayalarla aynı maddeden yapılmış gibi görünürler. Bazı türleri ise sedef gibi parlamaktadır. Bunun sebebi, kabukta bulunan sedef tabakalarının bozulmadan muhafaza edilmesi ya da bir takım kimyasal maddelerin fosil içerisine sızmasıdır. **Ammonitler**, bütünüyle ufalanıp yok olurlar ve yerlerine pirit adı verilen kükürlü demir minerali dolar. Bu durumda bütün fosil, altın gibi ışıltar. Jeoloji için ammonit fosilleri çok önemlidir. Bunun sebebi, kayaların yaşının bu fosiller sayesinde hesaplanabilmesidir.

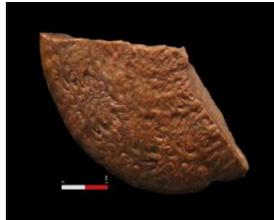
Taşova (Amasya)-Niksar (Tokat) Yöresi Jeoloji Haritası ve Ammonitler ve Deniz Laleleri Fosil Lokoliteleri



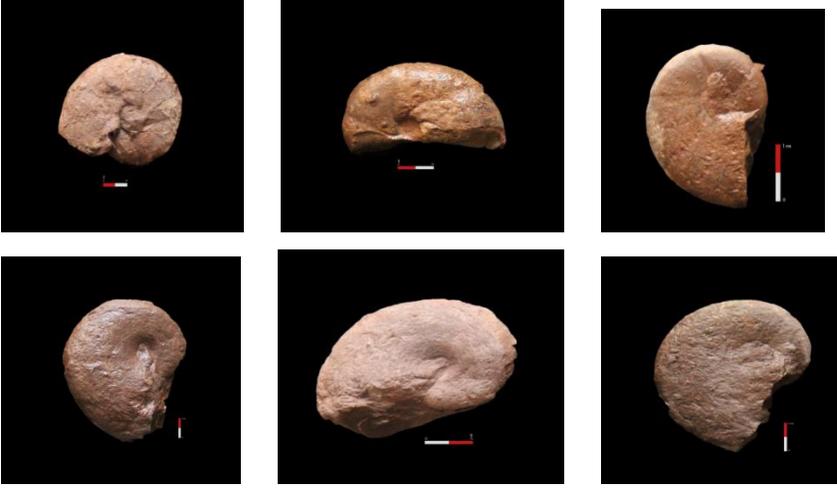
Şekil 2. Niksar (Tokat) yöresinin jeoloji haritası (Akyazı ve Rahman 2008: Akyazı, 2013 ten değiştirilerek)

Taşova (Amasya)-Niksar (Tokat) Yöresi Ammonit ve Deniz Laleleri Fosil Cinsleri

Sınıf **CEPHALOPODA**
 Altsınıf **AMMONOİDEA**
 Cins ***Phylloceras***
 Yaş **Liyas (174,1-201,3 Milyon yıl önce)**



Cins *Callihylloceras*
Yaş **Liyas-Dogger** (163,5-201,3 Milyon yıl önce)



Cins *Macrocephalites*
Yaş **Dogger** (174,1-163,5 Milyon yıl önce)



Cins *Oxycerites*
Yaş **Liyas** (174,1-201,3 Milyon yıl önce)



Cins *Juraphylites*
Yaş **Liyas** (174,1-201,3 Milyon yıl önce)

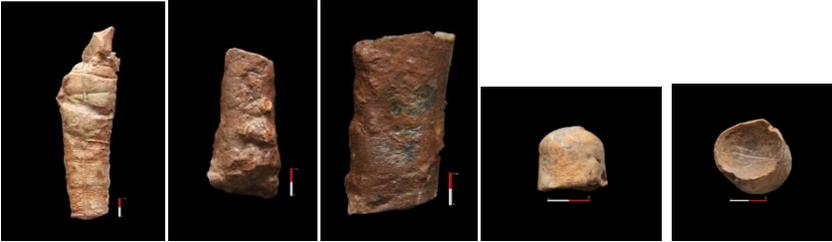
Cins *Sphaeroceras*



Cins *Tropidoceras masseanum*
Yaş **Liyas** (174,1-201,3 Milyon yıl önce)



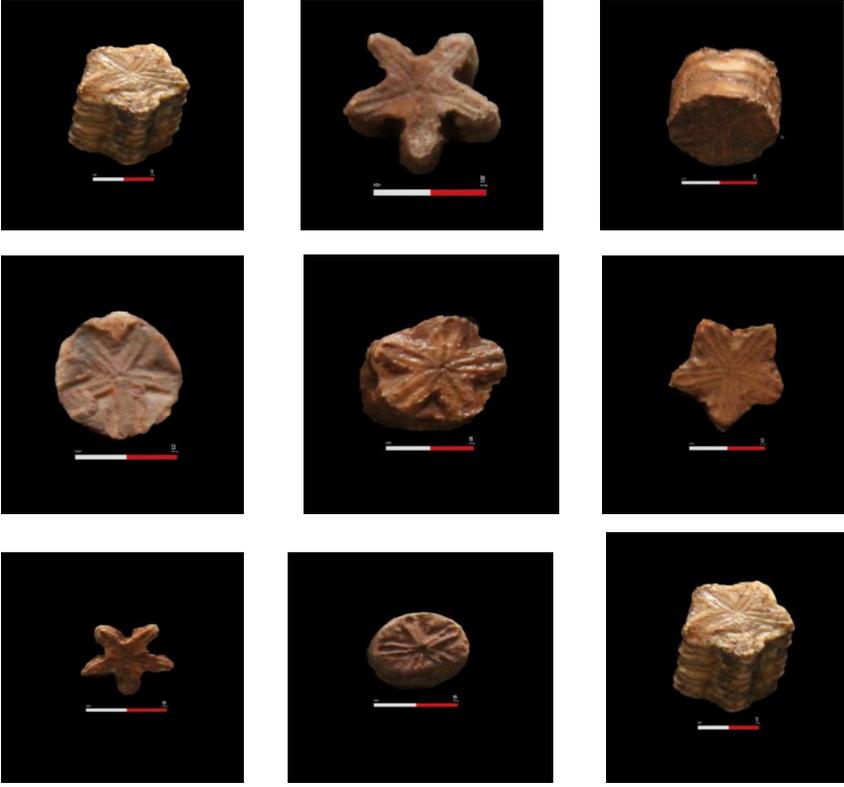
Cins *Ausseites*
Yaş **Triyas** (251,9-201,3 Milyon yıl önce)



Cins *Endoceras*
Yaş **Paleozoyik** (5411-251,9 Milyon yıl önce)



Cins *Pentacirunus*
Yaş Triyas (251,9-201,3 Milyon yıl önce)



Sonuç

İnceleme alanından alınan ammonit örnekleri üzerinde ayrıntılı paleontolojik ve biyostratigrafik çalışmalar yapılmış, toplam, 5 ammonit el cinsi tanımlanmıştır.

Günümüzden 65 milyon yıl (Kretase) öncesine kadar yaşamış olan bu ilginç deniz canlıları, günümüzde farklı akrabaları ile varlıklarını sürdürmektedirler. İlginç kavkı yapıları ve olağanüstü mimarileri ile

Ammonitler, hayvanlar aleminin çarpıcı güzelliğinden bir parçayı yansıtmaktadırlar. Çok küçük boyutlardan devasa boyutlara kadar değişen büyüklüklerdeki bu canlıların, fosil bilim dışında süs eşyası yapımı ve dekoratif amaçlı kullanım alanlarının yaygın olmasından dolayı ammonit fosil lokasyonları dünyanın her yerinde ekonomik olarak da değerlendirilmektedir.

Kaynaklar

Akyazı, M., (2016). Reşadiye (Tokat) kuzeyinde yüzeyleyen birimlerin Üst Mesozoyik stratigrafisi. Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri. Proje no: 643 (Yayımlanmamış).

Fidan, F.,(2010).Ammonitlere bir bakış.Mühendislik Jeolojisi Bülteni SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi s.9-14

İnan, N.,(2013). Tarihsel jeoloji. Seçkin yayıncılık

<http://www.fusunalkaya.net/mammnt.ppt>

<https://www.pixabay.com>

<https://www.wekopangea.com>

<https://www.bilgiustam.com>

<https://www.pining.com/originals/de/8a/80/de8a8039375958094a6a825b82742dda.jpg>

<http://www.sanatduvari.com/wp-content/uploads/2016/01/sutun.jpg>

TAŞOVA (AMASYA) YÖRESİNİN MESOZOYİK STRATİGRAFİSİ VE AMMONİT FAUNASI

*Mesozoic Stratigraphy And Ammonite Fauna Of Tasova (Amasya)
Region*

Özlem TOPRAK * & Mehmet AKYAZI & Nazire ÖZGEN
ERDEM*** & Fadime SUATA ALPASLAN******

Öz: Bu çalışma kapsamında, Taşova (Amasya) yöresinde yüzeyleyen Mesozoyik yaşlı denizel örtü birimleri ağırlıklı olmak üzere bölgenin stratigrafisinin ayrıntılı olarak ortaya konulması amaçlanmaktadır. Çalışma alanının temelinde Permo-Triyas yaşlı temel kayaları ve güneyde otokton bir görünüm vermelerine karşın özellikle kuzeyde çoğunlukla blok konumunda olan Permian yaşlı kireçtaşları yer almaktadır. Örtü kayaları; temel kayalarını örten Liyas yaşlı kırıntılılar ve Dogger yaşlı çoğunluğu metamorfik ve volkanik kökenli çakıltaşları ile rekrystalize kireçtaşlarından oluşan kayaçlarla başlar. Üst Jura-Alt Kretase yaşlı sığ denizel ve Titonik fasiyeste gelişmiş kireçtaşları, Dogger kayaları üzerinde uyumsuzlukla bulunurlar. İnceleme bölgesinde Üst Kretase'nin alt düzeyleri kumtaşı-marn ardalanımlı fliş ve kireçtaşlarından, Maestrihtiyen ise volkano-fliş fasiyesindeki kayaçlardan oluşmuştur. Birime ait pelajik çamurtaşları içerisinde; *Phylloceras* sp., *Calliphylloceras* sp. *Macrocephalites* sp., *Oxycerites* sp., *Juraphyllites* sp., *Sphaeroceras* sp., *Tropidoceras masseanum* d'Orbigny, *Ausseites* sp., *Endoceras* sp. gibi ammonitlerin yanı sıra, *Pseudocyclammina liasica* Hottinger, *Triloculina* sp., *Involutina* sp., *Quinqueloculina* sp., *Pentacirinus* sp. ve Belemnit fosilleri de saptanmıştır. Bölgedeki kayaçların birbirileriyle olan ilişkileri bölgede Mesozoyik boyunca aşamalı bir transgresyonun oluştuğunu göstermektedir. Birime ait yüzlekler Destek ilçesinin kuzeybatısında ve güneydoğusundaki alanlarda gözlenmektedir. Derlenen tüm ammonitler iç kalıplar olup bunların büyük bir bölümü küçük-orta boyutludur. Büyük boyutlu tipler parçalar halinde gözlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Taşova (Amasya), Stratigrafi, Biyostratigrafi, Ammonodia

Abstract: Within the context of this study, it is aimed to elaborate the stratigraphy of the region, predominantly of Mesozoic marine cover units exposed in Taşova (Amasya) region. At the base of the study region, the Permo-Triassic aged basal rocks are available, and although they have an autochthonous appearance in the south, Permian limestones, mostly in the north and in a block position, mainly take part. The cover rocks begin with Liassic clastics covering the basement rocks and the Dogger aged rocks consisting of metamorphic and volcanic conglomerates and recrystallized limestones. Upper Jurassic-Lower Cretaceous aged shallow marine and Titonik facies-developed limestones are found uncomfortably on Dogger rocks. In the study region, the lower levels of the Upper Cretaceous consist of sandstone-marl alternation flysch and limestones, and Maastrichtian is composed of the volcano-flysch facies rocks. In addition to such ammonites as *Phylloceras* sp., *Calliphylloceras* sp. *Macrocephalites* sp., *Oxycerites* sp., *Juraphyllites* sp., *Sphaeroceras* sp., *Tropidoceras masseanum* d'Orbigny, *Ausseites* sp., *Endoceras* sp. within the pelagic mudstones of the unit, *Pseudocyclammina liasica* Hottinger, *Triloculina* sp., *Involutina* sp., *Quinqueloculina* sp., *Pentacirinus* sp. and Belemnite fossils were also

identified. The association of the rocks in the region demonstrates the existence of a gradual transgression in the region along the Mesozoic. Outcrops of the unit are observed in the northwestern and southeastern areas of Destek district. All the ammonites obtained are internal molds, and most of them are small-medium sized. Large sized types are observed in fragments.

Keywords: Taşova (Amasya), Stratigraphy, Biostratigraphy, Ammonodia

1.GİRİŞ

Çalışma alanı 1947 den beri birçok araştırmacının dikkatini çekmiş, yapılan çok yönlü araştırmalar ile birçok jeolojik sorun irdelenmiş ve çözüme yönelik yayınlar yapılmıştır. Bu çalışmalardan başlıcaları Blumenthal (1950), Alp (1972), Seymen (1975, 1993), Öztürk, (1979), Özdemir ve Pekmezci (1983), Aktimur ve diğ., (1992), Altuner ve diğ.,(1993), Tüysüz (1993, 1996), Akay ve diğ., (1994), Yılmaz ve diğ., (1995), Çapkinoğlu ve diğ., (1998), Bilgehan (2004), Erturanç (2009) dır. Bölgede ki Mesozoyik yüzleklerinde ammonit fosillerinin varlığı da daha önceki çalışmalardan bilinmektedir (Alkaya 1983, Türkinal1957, Akyazı, 1996, 2007, 2013, 2016; Toprak, 2014).

Juranın en önemli fosil grubunu ammonitler oluşturmaktadır. Bunların yanı sıra Geç Jura'nın ayırtman fosilleri olan Calpionelller önemli bir fosil grubunu oluşturmaktadır. Foraminiferler Palecypodlar ve Gastropodlar diğer önemli fosil gruplarıdır. Dünya, canlı türleri açısından oldukça çeşitlidir. İçerisinde yaşadığımız ekosistem üzerinde, milyonlarca farklı canlı türü varlığını sürdürmektedir. Canlıların birçoğu geçmiş zamanda yaşamış olmalarına karşın günümüzde soyları tükenmiştir. Ammonitler de, soyu tükenen canlılar arasında yer almaktadır. Yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda, yaşam alanları denizler olan ammonitlerin yaşamlarının milyonlarca yıl önceye dayandığı anlaşılmıştır. Ammonitler, yaşadıkları dönem içerisinde denizlerdeki en kalabalık canlı grubunu oluşturduğu da bilinmektedir. Ammonitlerin, yaklaşık olarak 65 milyon öncesinde soyları tükenmiştir. Ammonitlerin ait olduğu türe bakıldığında, istiridy ve salyangoz benzeri canlılar oldukları anlaşılmaktadır. Kabuk kısımları, yassı, sarmal bir görünüme sahiptir. Ammonit kabukları, dış görünüm olarak benzedikleri salyangoz kabuklarından, kabuklarının içerisinde odacıklar halinde bölmeler bulunmasıyla ayrılmaktadırlar. Ammonitler, 2 mm den 3 metreye kadar değişen çapa sahiptirler.

Ammonitler hakkındaki bilgiler sadece fosilleşmiş kabuklarından ve izlerinden elde edildiği için, bu canlının neye benzediğine dair kesin

bir yargı yoktur yalnızca sedefli notilus adı verilen bir deniz canlısına benzediğini düşünülmektedir. Sedefli notilusların, ammonitlerin günümüz dünyasındaki akrabaları sayılmaktadır. Ammonitler stratigrafik açıdan oldukça önemli olup kesin yaş vermektedirler. Özellikle Üst Jura-Alt Kretase de fosilleşmiş olan Calpionellerle denestirilerek verilen yaş detayları alt kat düzeyinde olabilmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda, ammonitlerin değişik türleri ortaya çıkarılmıştır.

Bol oranda ammonit fosili içeren, kırmızı renkli marnlı, nodüler mikritik killi kireçtaşları ammonitico rosso fasiyesi olarak tanımlanmıştır. Açık deniz ortamında, volkano-sedimanter ve türbiditik çökel kontrolünde çökelmişlerdir ve önemli miktarda ammonit kalıpları içerirler. Akdeniz Alpleri içerisinde iki tip ammonitico rosso fasiyesi tanımlanmıştır (Aubouin, 1984). Birincisi kırmızı renkli, kondanse biyomikritlerle birlikte bulunan ve denizaltı tepeleri üzerinde gelişen karbonatlı ammonitico rosso fasiyesi, ikincisi ise, stratigrafik olarak bundan daha geniş bir aralıkta çökelmiş olan, türbiditlerle ardışıklı olarak izlen, basenler içerisinde depolanmış killi ammonitico rosso fasiyesidir. Diğer bir tanımla; Akdeniz Provansinde 15-30° N enlemleri arasında yaygın olan Ammonitico Rosso fasiyesi, karbonat platformunun parçalanmasından sonra yükselen hemipelajik bölgelerde çökelmiş bol pelajik ammonit içeren çökeller için kullanılan bir terimdir. Kuzey-Güney Alp bölgelerinde ve Akdeniz'deki birçok Jura yüzleklerinde ammonitico rosso fasiyesi gelişmiştir (Hallam, 1969; Galacz, 1984; Varol ve Gökten, 1994; Soussi ve diğerleri, 1998, 1999). Türkiye'de ammonitico rosso fasiyesi, kuzeybatı Anadolu'da Halılar, Bursa-Bilecik, Mudurnu-Baypazarı ve Aktaş (Altınar ve diğerleri, 1991; Koçyiğit ve diğerleri, 1991; Nicosia ve diğerleri, 1991) ve Orta Anadolu'da Ankara çevresinde, Hasanoğlan (Alkaya, 1991), Yakacık, Bağlum-Kösrelik yörelerinde kırmızı marn ve yumrulu kireçtaşı fasiyesinde temsil edilir (Pompeckj, 1897; Gugenberger, 1929; Bremer, 1965; Varol ve Gökten, 1994; Alkaya ve Meister, 1995).

Çalışma alanında istifinin belirli düzeylerinde yas saptamak amacı ile derlenen ammonitlerin, gerçekte tür ve numune yönünden çok zengin olan faunayı tanıtıcı nitelikte olmadığı bir gerçektir. Faunayı oluşturan ammonit cins ve türlerinin belirlenmesine yönelik bu çalışmada yörede bilinen bütün fosil lokaliteleri incelenerek numune derlemesi yapılmış ancak amaca uygunluğu yönünden Türkmendamı Mvk. ,

Kırkhamam Mvk., Mercimek Yayla, ve Karamuk Tepe dolayındaki yüzlekler üzerinde durulmuştur.

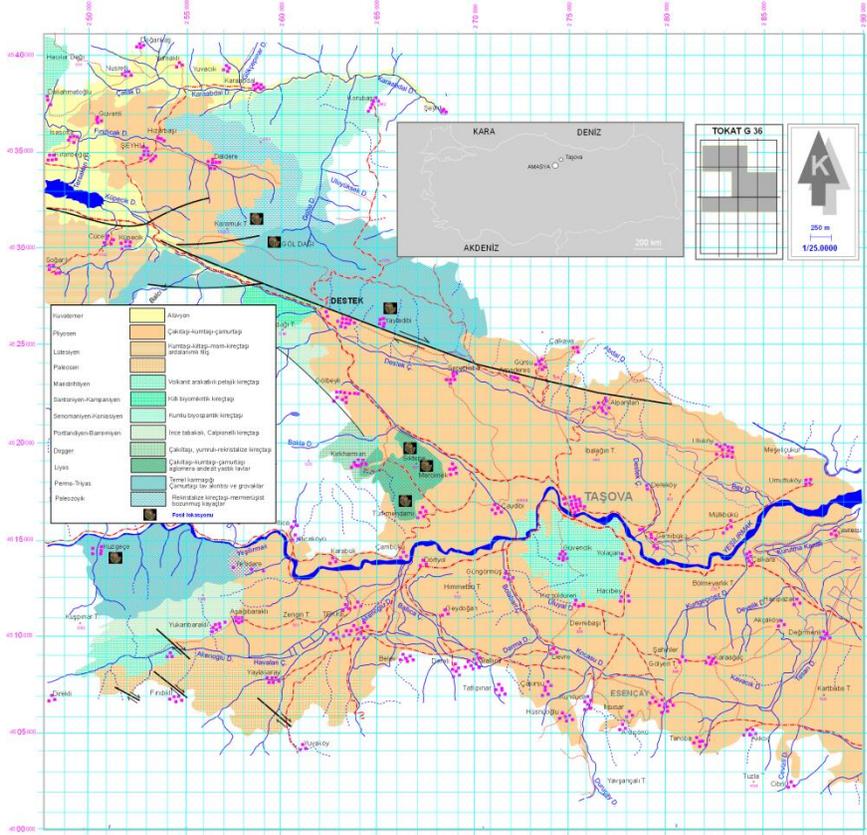


Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

Figure 1. Location map of the study area

2.GENEL JEOLJİ

Kuzey Anadolu Fayının üzerinde ve hemen kuzeyinde yer alan ve Taşova-Destek ilçeleri ile yakın çevresini kapsayan çalışma alanının temelini Permo-Triyas yaşlı temel kayaları oluşturur. Temel kayaları üzerine gelen birinci örtü birimleri; Liyas-Üst Eosen zaman aralığında Avrasya kıtası önündeki çukurlukta çökelmiş olan kalın bir istiften oluşmaktadır. Çalışma alanı Pontid kenet kuşağında yer almakta olup, kuzey-güney yönlü sıkışmanın etkisinde kalmış, bu nedenle bölgenin güneyinde doğu-batı gidişli bindirmeler ve bu bindirmeleri arasında yaklaşık doğu-batı gidişli çukurluklar oluşmuştur. Neotektonik dönemde Kuzey Anadolu Fayının oluşması ve gelişmesine bağlı olarak meydana gelen bu çukurluklarda İkinci örtü birimlerini oluşturan Pliyosen yaşlı karasal kırıntılılardan oluşan çökel kayaları çökelmiştir. Kuzey Anadolu Fayının güncel de devam eden hareketleri ile Taşova-Destek Ovası gelişmiş/gelişmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Taşova (Amasya) yöresinin jeoloji haritası (Akyazı, 2017 den değiştirilerek)

Figure 2. Geological map of Taşova (Amasya) region (Akyazı, changing the name of 2017)

3.TAŞOVA YÖRESİ MESOZOYİK STRATİGRAFİSİ

Çalışma alanının temelini, Permiyen platformunun parçalanması ile açılan ve Triyas sonucunda kapanan, Karakaya Okyanusu'nun artıklarından olan Karakaya Birliği'nin üst düzeylerine karşılık gelen temel karmaşığı ve metamorfitle oluşturmaktadır (Tüysüz ve diğ., 1990a-b). Düşük derecede metamorfizma izleri taşıyan, kırmızı renkli pelajik çamurtaşları, lav akıntıları ile grovاكلardan ve metavolkanitlerden oluşan bir matriks içerisinde yer alan kristalize kireçtaşı bloklarından oluşan bu birim (Akyazı ve Tunç, 1992). Birime ait pelajik çamurtaşları içerisinde; *Phylloceras* sp., *Calliphylloceras* sp. *Macrocephalites* sp., *Oxycerites* sp., *Juraphyllites* sp., *Sphaeroceras* sp., *Tropidoceras masseanum* d'Orbigny,

Ausseites sp. , *Endoceras* sp. *Pentacirinus* sp. ve *Belemnit* fosilleri saptanmıştır. Birime ait yüzlekler Desek ilçesinin kuzeybatısında ve güneydoğusundaki alanlarda gözlenmektedir (Şekil 3).

Mesozoyik: Temel kayaları üzerine, açılı uyumsuzlukla gelen Liyas yaşlı kırıntılılar, Dogger yaşlı karbonatlı kayaçlar, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı titonik fasiyeste gelişmiş kireçtaşları ve Senomaniyen-Kampaniyen yaşlı pelajik kireçtaşları ile devam eden Mesozoyik istifi Maestrihtiyen yaşlı volkano-filişlerle sonlanmaktadır (Şekil 3).

Liyas: Temel kayaları üzerine, açılı uyumsuzlukla gelen Liyas yaşlı birimler; alacalı renkli karbonat çimentolu, kuvarsit, kalksist, gnays, muskovitşist, mermer, marn yer yer çamurtaşı ve Permiyen yaşlı kireçtaşı çakıllarından oluşmuş metasedimanter-metavolkanik çakıllar içeren polijenik çakıltaşlarıyla başlamaktadır. Koyu gri-siyahımsı renkli, ince-orta, yer yer kaba taneli, orta tabakalı sıkı tutturulmuş karbonatlı kumtaşlarıyla devam eden birimin üst düzeylerindeki çamurtaşlarına yer yer beyaz renkli ince kireçtaşı bantları eşlik etmektedir. Liyas'ta yay ardi havza niteliği taşıyan bölgede, çakıltaşından çamurtaşına kadar değişen çökellere, çökellemeyle koşut olarak gelişen denizaltı volkanik etkinliklerine bağlı olarak yer yer koyu renkli, kalın tabakalı aglomera, andezitik lav akıntıları ve yastık lavlar ile açık krem-beyaz renkli, ince tabakalı tüfitlerin de eşlik ettiği gözlenmiştir (Şekil 3).

Birime ait kumtaşı ve kireçtaşları içerisinde; *Pseudocyclammia liasica* Hottinger, *Triloculina* sp., *Involutina* sp. ve *Quinqueloculina* sp. (Akyazı, 2017), fosillerinin yanı sıra *Tropidoceras masseanum* Hoffman , *Phylloceras* sp. (Levha I şekil 1-2-3, *Oxycerites* sp. (Levha I, şekil 8), *Juraphyllites* sp. (Levha II, şekil 1-2), *Sphaeroceras* sp. (Levha II, şekil 3), *Calliphylloceras* sp. (Levha IV, şekil 4,5,6), *Ausseites* sp. (Levha II, şekil 5, 6) fosilleri saptanmıştır. Saptanan bu fosillere göre birime Liyas yaşı verilmiştir.

Dogger: Liyas yaşlı birmiler üzerine uyumsuzlukla gelen birim alt düzeylerde koyu kırmızı renkli, değişik boyutlarda, olgunlaşmış, şeyl, marn, kuvarsit, granit, ile volkanik ve metamorfik kökenli çakılları içeren polijenik çakıltaşlarından ve gri-koyu gri renkli, yumru kireçtaşlarından, üst düzeylerde ise; gri renkli, ince-orta tabakalı rekristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil). Üst düzeyleri oluşturan yumru kireçtaşları içerisinde; *Andersenolona elongata* (Leupold), *Protopeneroplis* sp., *Trocholona* sp., *Nodosaria* sp., *Ammodiscus* sp. ve *Aptychus* sp. (Akyazı, 2016), fosillerinin yanı sıra *Calliphylloceras*

sp.(Levha I, şekil 4-5-6), *Macrocephalites* sp. (Levha I, şekil 7) ammonitleri saptanmıştır.

Titoniyen-Barremiyen: Kırmızı renkli, kuvarsit ve metaşist ağırlıklı metamorfik çakıllar içeren, kum matriksli çoğun karbonat çimentolu, sıkı dokulu bir taban çakıltaşı ile Dogger yaşlı birimler üzerine açılı uyumsuzlukla gelen birim, gri renkli kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 15). Alt düzeylerde, pelsparit dokusundadır ve bol olarak pellet ile alg kökenli çekirdeğe sahip oolit içeren gri renkli kireçtaşlarından oluşan birim içerisinde; *Mesoendothyra* sp., *Pseudotextulariella* sp., *Quinqueloculina* sp., *Textularia* sp., *Protopenneroplis* sp., Miliolidae fosilleri gözlenmektedir (Akyazı, 2016). Üste doğru bej-krem yer yer de pembe renkli olan, orta tabakalı ve kıvrımlı kireçtaşlarıyla süren bu kireçtaşlarının üst düzeyleri Titonik fasiyeste gelişmiş açık gri-krem renkli, ince tabakalı Calpionelli biyomikritik mikrobiyofasiyeste gelişmiş killi-az killi kireçtaşlarıyla sonlanmaktadır. Birimin bu düzeylerinde; Titoniyen-Barriyasiyen yaşı veren; *Tintinnopsella carpathica* (Murgeanui & Filipescu), *Crassicollaria intermedia* (Durand Delga), *Crassicollaria parvula* Remane, *Crassicollaria massutiniana* (Colom), *Calpionella alpina* Lorenz, *Calpionella elliptica* Cadisch, *Calpionellopsis simplex* (Colom), *Calpionellopsis simplex* (Cadisch) bol radiolaria ve sünger spikülleri ile bol pellet ve biyojen taneler saptanmıştır (Akyazı, 2017).

Senomaniyen-Koniasiyen: Titonik fasiyeste gelişmiş kireçtaşları üzerine uyumsuz olarak gelen ve bej-gri renkli, orta tabakalı, fosilli biyosparit mikrobiyofasiyesinde gelişmiş kumlu kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim içerisinde; *Globotruncana stuarti* De Lapperent, *Globotruncana lapparenti lapparenti* (Brotzen), *Globotruncana* sp. ve *Rotalipora* sp., *Dicyclina* sp. planktonik foraminiferleri saptanmıştır (Akyazı, 2017).

Santoniyen-Kampaniyen: Taban düzeyleri gri renkli marn arakatkıları içeren, alacalı, yer yer sarımsı renkli, Globotruncanalı biyomikrit mikrobiyofasiyesindeki killi kireçtaşlarından oluşan birimin düşük enerjili ve derin bir denizin ürünü olduğu düşünülmektedir (Şekil 3). Birime ait fosilli killi kireçtaşları içerisinde Santoniyen-Kampaniyen yaşı veren; *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno, *Rosita fornicata* (Plummer), *Globotruncana tricarinata* (Quereau), *Globotruncana bulloides* Vogler, ve *Globotruncana linneiana* D'Orbigny planktonik foraminiferleri saptanmıştır (Akyazı, 2017).

1. İnceleme alanında Permo-Triyas yaşlı temel karmaşığı ile Mesozoyik yaşlı denizel örtü birimleri arasında belirgin bir ayrımın varlığı dikkat çekicidir.

2. İnceleme alanında Liyas'tan-Eosen sonuna kadar olan birinci denizel örtü birimleri ve Miyosenden itibaren de karasal ikinci örtü birimlerinin varlığı gözlenmiştir. İnceleme alanında oligosenin varlığı gözlenmemiş, oligosen aşınım dönemi olarak tanımlanmıştır.

3. İnceleme alanında Liyas'tan başlayarak devam eden Mesozoyik istifleri arasında uyumsuzluklarla lakün ve hiyatusün varlığının gözlenmesine karşın tüm serilerin temsil edildiği gözlenmektedir.

4. Üst Kretase de aşamalı olarak gittikçe derinleşen bir şekilde bölgeye yerleşen deniz, Anadolu'nun tamamını etkileyen Laramiyen Orojenezi'nin şiddetli etkisiyle; Maestrihtiyen sonunda ani gelişen bir transgresyona uğramaktadır. K/T sınırının bölgede belirgin bir uyumsuzlukla ayrıldığı saptanmıştır.

5. Bölgede yer alan Üst Mesozoyik yaşlı sert dokulu rekristalize kireçtaşlarının inceleme alanındaki rölyefleri oluşturduğu, özellikle rekristalize kireçtaşlarının bölgenin temelinde çok yaygın olan alüvyal örtü içerisinde yüzer durumdaki tepelikleri oluşturduğu gözlenmiştir.

6. Bölgedeki Ammonit yataklarının bilimsel amaçlı olarak ve veya bölge halkı tarafından boşaltıldığı yol yarmaları ve yerleşim amaçlı mühendislik yapılarıyla yok edildiği gözlenmiştir.

7. Çalışmalarda, Mollusca dalının Cephalopoda sınıfına ait ammonit fosillerinin yanısıra Belemnit, Echinodermata Dalı Pelmatozoa Alt Dalına ait çok sayıda krinoid fosili derlenmiştir

8. Önceki çalışmalarda adlandırılan ve literatürde yer alan ve oldukça fazla karmaşaya neden olan formasyon tanımlamalarının tam olarak stratigrafik kurallara uymadığı, litodem birimlerinin de litostratigrafik birimler gibi tanımlanarak adlandırıldığı gözlenmiştir. Ayrıca yakın coğrafyada yüzeyleyen aynı birimlerin ayrı adlandırmalarla tanımlaması literatürde karmaşaya yol açtığı gibi, bu birimlerin bölgesel ölçekte diğer istiflerle deneştirilebilmesini de olanaksız hale getirmektedir. Bu nedenle bu çalışmada literatürde karmaşaya yer açmamak için, yeni bir adlama/tanımlama yapmadığımız gibi tanımlanmış formasyon adlamalarını kullanmamanın da uygun olacağı kanısını taşımaktayız.

KAYNAKÇA

Akay, E. H., Herece, E. ve Ateş, Ş. (1994). Destek (Orta Pontidler) dolayında Akgöl Formasyonunun yaş bulgusu. MTA Dergisi 116.

Alkaya, F. (1991). Hasanoğlan (Ankara) yöresi Sinemuriyen-Alt Pliyensnbahiyen Ammonit zonları ve taphonomisi. Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu, 11-21. ve Meister, C. 1995. Liassic ammonites from the central and eastern Pontides (Ankara and Kelkit areas, Turkey). Revue de Paleobiologie, 14, 125-193.

Aktimur, T. H., Ateş, Ş., Yurdakul, M. E., Tekirli, M. E. ve Keçer, M. (1992). Niksar-Erbaa ve Destek dolayının jeolojisi. MTA Dergisi 114, 25-36,

Akyazı, M., (2013). Orta Pontidlerde yüzeyleyen örtü birimlerinin stratigrafisi. Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri. Proje no: 447 (Yayımlanmamış).

Akyazı, M., (2016). Reşadiye (Tokat) kuzeyinde yüzeyleyen birimlerin Üst Mesozoyik stratigrafisi. Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri. Proje no: 643 (Yayımlanmamış).

Akyazı, M., (2017). Kuzey Anadolu Mesozoyik yüzleklerinin karşılaştırmalı stratigrafisi ve Ammonitler. Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri. Proje no: 643 (Yayımlanmamış).

Alp, D. (1972). Amasya yöresinin jeolojisi. İ.Ü. Fen Fakültesi Monografileri, Sayı; 22, s, 10.

Altner, D., Koçyiğit, A., Farinacci, A., Nicossia, U. ve Conti, M.A. (1993). Jurassiclower Cretaceouz stratigraphhy and paleogeographic evalutlon of the southem part of North-Western Anatolia(Turkey). Geology and Paleontologi of Western Pountides. Turkey Edts. Farlecci, A, Ager, D.V AND Nicossa U. Geologica Romana V. XXVII. p.13-80.

Atalay, Z. (2001). Amasya Yöresi'ndeki Linyitli Çeltik Formasyonunun Stratigrafisi, Fasiyes ve Çökeltme Ortamı Özellikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 44, Sayı 2.

Bremer, H. (1965). Zur Ammonitenfauna und Stratigraphie des unteren Lias (Sinemurium bis Carixium) in der Umgebung von Ankara (Türkei). Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie, 122, 127-221.

Bilgehan, P. (2004). Taşova (Amasya) dolayındaki heyelanların mühendislik Jeolojisi incelemesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.

Blumenthal, M., (1950). Orta ve Aşağı Yeşilirmak Bölgelerinin (Tokat, Amasya, Havza, Erbaa, Niksar) jeolojisi hakkında: M.T.A. Ens.Yayını, Seri D, No. 4, S. 1-153

Blumenthal, M. (1950). Beitrage zur géologie der landschaften am miitelcren und unteren Yeşilirmak. MTA, yayınları seri. D. No. 4, s. 183.

Blumenthal, M., (1943). Lâdik deprem hattı: M.T.A. Mec, 1/33, 153-162

Çapkinoğlu, Ş. ve Bektaş, O, (1998). Karakaya Kompleksine ait Karasenir Formasyonu (Amasya) içindeki kireçtaşı olistolitlerinden Erken Devoniyen Konodontları. MTA Derg. Sayı, 120, s. 159.170.

Erturanc, M, K.,(2009) Amasya ve Çevresinin Morfotektonik Evrimi. İstanbul Teknik Üniversitesi Doktora Tezi.

Galacz, A. (1984). Jurassic of Hungary: A review. *Acta Geologica Hungarica*, 27, 359-377.

Gugenberger, O. (1929). Palaontologisch-stratigraphie Studien über den anatolischen Lias. *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie* 62, 235-300.

Hallam, A. (1969). Faunal realms and facies in the Jurassic. *Palaontology*, 12, 1-18.

Nicosia, U., Conti, M.A., Farinacci, A., Altner, D. ve Koçyiğit, A. (1991). Western Anatolian Ammonitico Rosso type sediments; Depositional history and geodynamic meaning. *Geologica Romana*, 27, 101-110.

Özdemir, Ü. ve Pekmezci, F., (1983). Amasya-Suluova- Çeltek linyit sahaları jeolojisi ve sondaj aramaları raporu. Maden Tetkik ve Arama 116 Yerbilimleri Genel M.d.rl.Û.. Derleme No: 428, 24s (yayımlanmamış).

Öztürk, A. (1979). Ladik-Destek yöresinin stratigrafisi: Türkiye jeoloji Kurumu Bülteni, 22,27-34.

Pompeckj, J.F. (1897). Palaontologische und stratigraphische Notizen aus Anatolien. *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, 49, 713-828

Pompegkj, J. (1897). Pâlaontologische und stratigraphische Notizen aus Anatolien. *Ztschr. Deut. Geol. Ges.*, 49, Berlin.

Seymen, İ. (1975). Kelkit vadisi kesiminde Kuzey Anadolu fay zonunun tektonik özelliği, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Yayınları 192 s.

Seymen, İ. (1993). Mecitözü dolayının stratigrafik gelişimi, Suat Erk Jeoloji Simpozyumu Bildirileri, A.Ü. Fen Fak. Jeoloji Müh. Böl., 129-141.

Soussi, M., Boughdiri, M., Enay, R. ve Mangold, C. (1998). Ammonitico rosso-like facies of Late Toarcian age in the Northwestern Tunisian Atlas belt: consequences for correlations and palaeogeography. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 327, 135-140. ,Enay, R.,

Boughdiri, M., Mangold, C. ve Zaghbib-Turki, D. (1999). Ammonitico Rosso (Zaress Formation) of the Tunisian Dorsale. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 329, 279-286.

Toprak, Ö. (2014). Batı-Orta Karadenizde Yüzleyeyen Jura-Kretase Yaşlı Birimlerin Stratigrafisi. C.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi 279 s. (Yayımlanmamış).

Türkunal, M. (1957). Yakacık - Köserelik bölgelerindeki Jurasik fosilleri hakkında. *M. T. A. Rap.* No. 2630, Ankara.

Tüysüz, O.,(1993). Karadeniz'den Orta Anadolu'ya bir Jeotravers: Kuzey Neotetisin Tektonik Evrimi. *TPJD Bülteni*, 5/1, 1-33.

Tüysüz, O. (1996). Amasya ve çevresinin jeolojisi. Türkiye 11. Petrol Kongresi, Bildiriler, Türkiye Petrol Jeologları Derneği/TMMOB Petrol Mühendisleri Odası/TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, s. 32-48.

Tüysüz, O., Yiğitbaş, E. ve Serdar H. S., (1990a). Orta Pontidlerin erken Mesozoyik evrimine bir yaklaşım: Paleo-Tetis/Karakaya kenar deniz problemi: Türkiye 8. Petrol Kongresi, Bildiriler, TMMOB Petrol Mühendisleri Odası, 351-362.

Tüysüz, O., Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E. ve Serdar H. S., (1990b). Orta Pontidlerde Üst Jura-Alt Kretase stratigrafisi ve anlamı: Türkiye 8. Petrol Kongresi, Bildiriler, TMMOB Petrol Mühendisleri Odası, 340-350.

Varol, B. ve Gökten, E. (1994). The facies properties and depositional environments of nodular limestones and red marly limestones (Ammonitico Rosso) in the Ankara Jurassic sequence, central Turkey. *Terra Nova*, 6, 64-71.

Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E., Yıldırım, M., Genç, Ş. C., Elmas, A., Gürer, Ö. F., Bozcu, M., Gürpınar, O. ve Serdar, H. S. (1995). Geology and development of the Tokat Massif, Second International Turkish geology workshop, Abstracts, Cumhuriyet Univ., Müh. Fak., Jeol. Müh. Böl., 117.

Levha I*Phylloceras* sp. (Liyas)

- Şekil 1. Taşova yöresi-Sık Tepe x 1/2
 Şekil 2. Taşova yöresi-Türkmendamı Mvk x 1/2
 Şekil 3. Taşova yöresi-Türkmendamı Mvk x 1/2

Calliphylloceras sp. (Liyas-Dogger)

- Şekil 4. Taşova yöresi-Kırkhamam Mvk. x 1/2
 Şekil 5. Taşova yöresi-Mercimek Yayla x 1/2
 Şekil 6. Taşova yöresi-Mercimek Yayla x 1/2

Macrocephalites sp. (Dogger)

- Şekil 7. Taşova yöresi-Kırkhamam Mvk. kuzeyi x 1/2

Oxycerites sp. (Liyas)

- Şekil 8. Taşova yöresi-Mercimek Yayla x 1/2

LEVHA I



1



2



3



4



5



6



7



8

20 mm

Levha II

Juraphyllites sp. (Liyas)

- Şekil 1. Ladik-Akdağ yöresi-Olukayağı mahallesi x 1/2
 Şekil 2. Taşova yöresi--Türkendamı Mvk. x 1/2

Sphaeroceras sp. ((Liyas)

- Şekil 3. Taşova yöresi--Türkendamı Mvk. x ½

Tropidoceras masseanum d'Orbigny (Liyas)

- Şekil 4. Taşova yöresi--Türkendamı Mvk. x ½

Ausseites sp. (Triyas)

- Şekil 5. Taşova yöresi-Göldağı Mvk. x 1/2
 Şekil 6. Taşova yöresi-Göldağı Mevk. x 1/2

Endoceras sp. (Paleozoyik)

- Şekil 7. Taşova yöresi-Karamuk Tepe x 1/2
 Şekil 8. Taşova yöresi-Karamuk Tepe x ½

Pentacirunus sp. (Triyas)

- Şekil 9. Taşova yöresi-Yayladibi Mvk. x 1

LEVHA II



1



2



3



4



5



6



7



8

20 mm

NANOAKIŞKAN KULLANIMININ ISI TRANSFERİNİ ARTIRMAYA OLAN ETKİLERİ

Elif Büyük ÖĞÜT

1. Giriş

Nanoakışkan terimi Argonne Ulusal laboratuvarındaki araştırmacılar tarafından ortaya atılmış ve sürekli akışkan fazında oluşmuş iki fazlı karışıma işaret eden askıdaki dağılmış nanopartiküllerdir (Choi, 2003). Günümüzde, nanoakışkanlar saf sıvılara nazaran geliştirilmiş ısı transferi performansları ile yeni nesil ısı transferi akışkanları olarak gösterilmektedir.

Nanoakışkan terimi basitçe sıvı-katı karışımı olarak nitelenemez. Bazı özel şartları içermesi gerekmektedir. Bunlar; kararlı süspansiyon, nanopartiküllerin çok az yığın oluşturması (kümelenme) ve akışkanın kimyasal açıdan değişim göstermemesidir (Kebllinski el al., 2002). Bu amaçla; akışkan içerisindeki askıdaki partiküllerin yüzey özelliklerinin değiştirilmesi ve kararlı bir süspansiyon sağlanması için partikül yığılmalarının formasyonunun engellenmesi gerekir. Nanopartiküllerin özelliklerine göre kararlılığı sağlamak için farklı tipte yüzey aktif maddeler kullanılabilir. Yüzey aktif maddeler sıvı-gaz ara yüzeyinde absorbe ederek suyun yüzey gerilimini düşürürler. Ayrıca, sıvı-sıvı ara yüzeyinde absorbe ederek su ve yağ arasındaki ara yüzeydeki gerilimi de azaltırlar.

Nanopartikül olarak nanoakışkan içine ilave edilen; metaller (Ag, Cu, Fe ve Au), metal oksitler (Al_2O_3 , CuO), nitrit seramikler ve karbon nanotüpler, nanoakışkanların üretiminde kullanılabilir. Nanoakışkanları üretmek için iki temel teknik kullanılmaktadır. Bunlar; iki-adım tekniği (yukarıdan-aşağıya) ve tek-adım (aşağıdan-yukarıya) tekniğidir. İki adım tekniğinde, ilk adımda fiziksel veya kimyasal sentez tekniği yardımıyla nanoakışkanlar üretilir ve ana akışkan içine dağıtılır. Genelde oksit nanopartikülleri içeren nanoakışkanlar, karbon nanotüp üretiminde kullanılır.

Tek-adım tekniğinde ise, nanopartiküllerin eş zamanlı üretimi ve baz akışkan içine dağıtımı söz konusu olmaktadır. Yüksek iletkenlikte metaller içeren nanoakışkanların üretiminde oksidasyonu önlemek amacıyla diğer tekniğe nazaran tercih edilebilir.

Nanoakışkanlar, baz akışkanlara nazaran ısı iletkenliği yüksek nanopartiküller içerdiğinden daha üstün özelliklere sahiptir. Bunun sebepleri aşağıda belirtildiği gibidir:

a. Askıdaki nanopartiküller ısı transferi için yüzey alanını ve akışkanın ısı kapasitesini artırırlar,

b. Askıdaki nanopartiküller akışkanın efektif ısı iletkenliğini artırırlar,

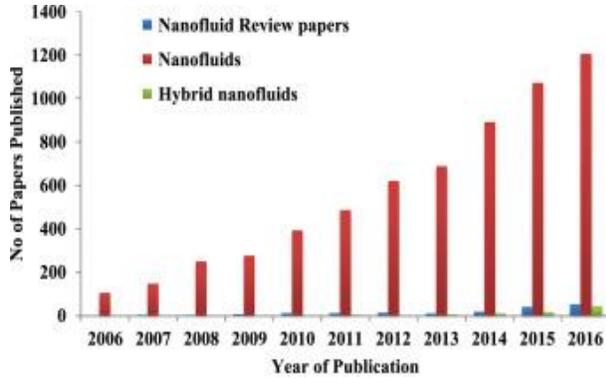
c. Partiküller arasındaki etkileşim ve çarpışmalar sonucu akışkan ve akış alanı yüzeyi artar,

ç. Akışkanın türbülans ve karışım düzensizliği artar,

d. Nanoparçacıkların dağılımı, akışkanın enlemesine sıcaklık gradyanını azaltır (eğilimi düzleştirir).

Yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı, nanoakışkanların ısı transfer katsayısı; nanopartiküllerin boyutunun, hacim oranının, akışkanın akış hızının ve diğer akışkan özelliklerinin bir fonksiyonu olarak ele alınmalıdır. Isı transfer katsayısındaki iyileştirme neticesinde; ısı sistemlerinin boyutları küçülmekte, enerji verimliliği artmakta, kirlilik azalmakta ve sistemin güvenilirliği artmaktadır.

Nanoakışkanlar üzerine yapılan çalışmalarını ile ilgili yapılan yayınlar 1999 yılından itibaren giderek artmıştır. Şekil 1'de yıllara göre yayın sayısı dağılımı görülmektedir.



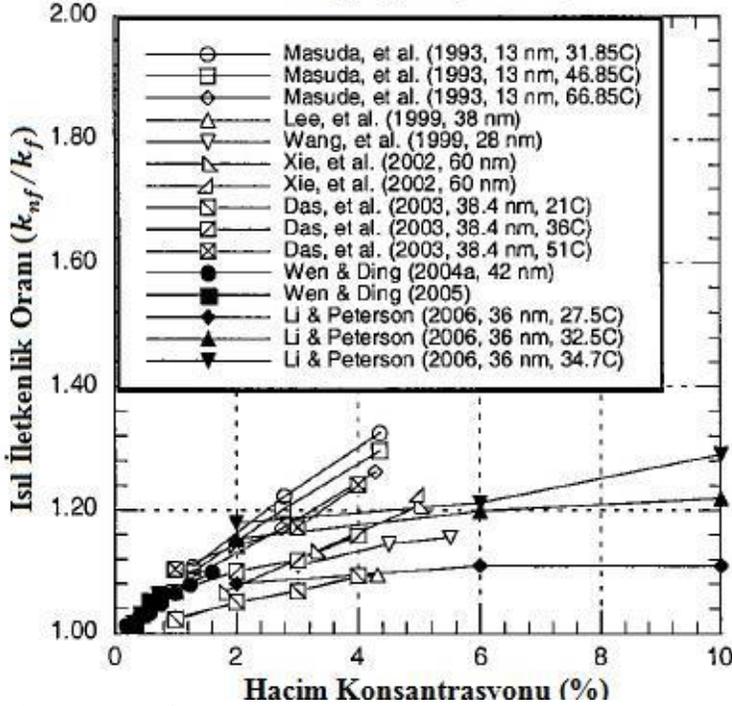
Şekil 1. Yıllara göre nanoakışkan yayın dağılım grafiği

1) 2. Nanoakışkanların Isıl İletkenliğini Etkileyen Faktörler

1. Parçacık Hacim Konsantrasyonu

Parçacık hacim konsantrasyonu nanoakışkan içerisinde bulunan nanopartiküllerin akışkan içerisindeki hacimsel yüzdesini ifade eder.

Al_2O_3 (Su İçerisinde)

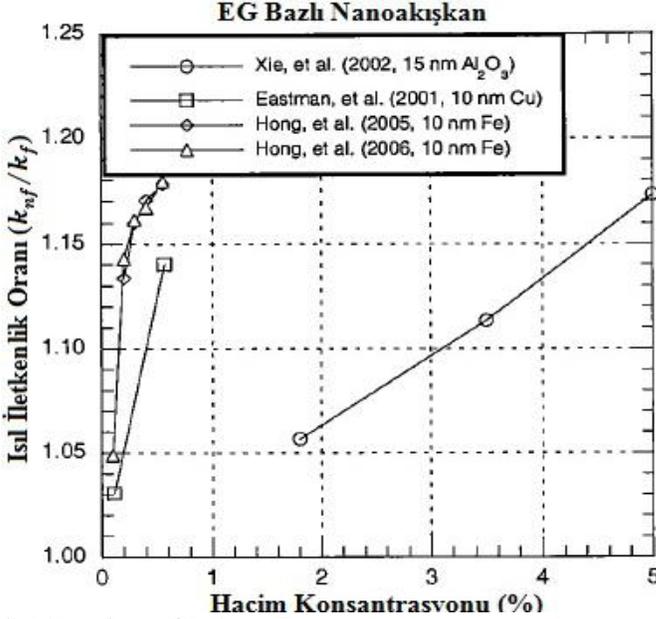


Şekil 2: Al_2O_3 içeren Nanoakışkanda Hacim Konsantrasyonunun Isıl İletkenliğe Etkisi (Wang et al. ,2002)

Yukarıdaki şekilde yedi adet deney grubunun çalışmalarından elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Al_2O_3 -su süspansiyonu kullanılarak elde edilen sonuçlar incelendiğinde katı hacim konsantrasyonunun artmasına paralel olarak ısı iletkenliğin de arttığı görülmektedir.

2. Parçacık Malzemesi

Nanoakışkanlarda kullanılan nanopartiküllerin malzemesi de önem arz etmektedir.

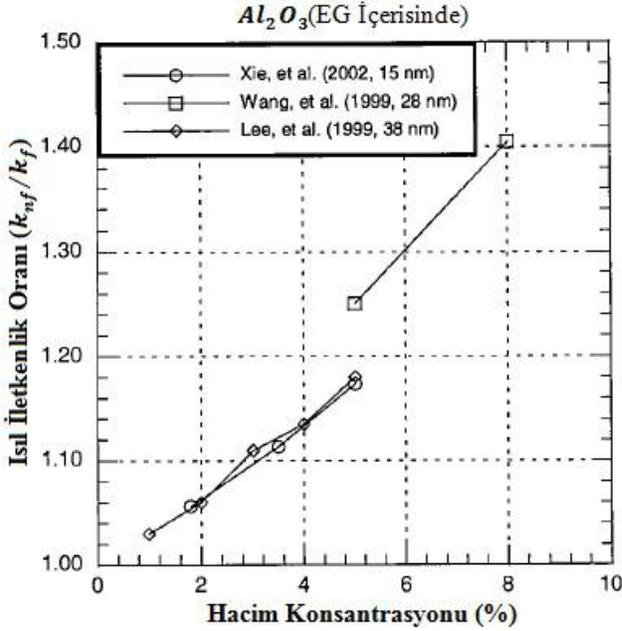


Şekil 3: Oksit Parçacık ve metal parçacık içeren Nanoakışkanlarda Isıl İletkenlik Değişimi (Wang et al. ,2002)

Yukarıdaki şekilde farklı deney grupları görülmektedir. Grafiğin sağında yer alan nanoakışkanda oksit parçacıklar kullanılmıştır. Sol tarafta yer alan akışkanda ise metal parçacıklar kullanılmıştır. Görüldüğü üzere metal parçacıklarda meydana gelen çok küçük konsantrasyon artışlarında artan ısı iletkenliğin oranı oksit parçacıklara nazaran daha yüksektir. Ancak unutulmamalıdır ki; metal parçacıkların kullanılmasının ısı iletkenlik üzerindeki artışı yüksek olmasına karşın, sistemde oluşturabileceği bir takım problemleri de gözardı etmemek gerekir. En önemli problem oksitlenmedir. Ancak bu problem parçacıkların kaplanması gibi yöntemlerle giderilebilmesi söz konusudur.

3. Parçacık Boyutu

Nanoakışkanlar için diğer bir etken kullanılan parçacıkların boyutudur.

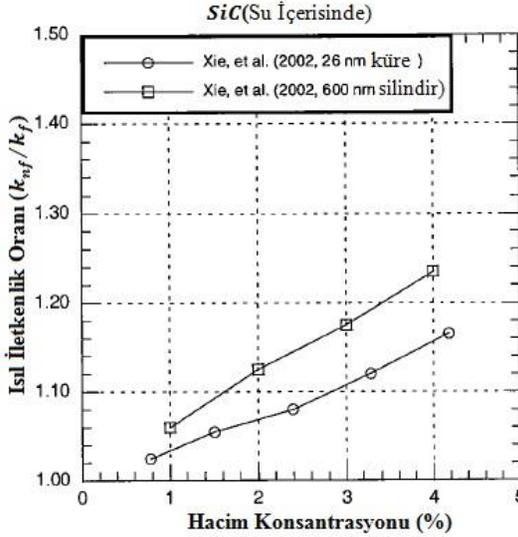


Şekil 4: Al_2O_3 içeren Nanoakışkanda Parçacık Boyut Etkisi (Wang et al. ,2002)

Yukarıda gösterilen deney grafiğinde de yine farklı parçacık boyutlarında termal iletkenlik değişimleri gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi büyük parçacık için ısıl iletkenlik daha yüksek iken, küçük boyutlu parçacık için ısıl iletkenlik daha düşüktür. Ancak parçacık boyutu çok fazla artırılamaz yoksa sistemde kümelenmelere, çökelmeye, tıkanmalara sebep olabilir.

4. Parçacık Şekli

Nanoakışkanların ısı iletkenliğini etkileyen bir diğ er faktör kullanılan parçacıkların şeklidir.

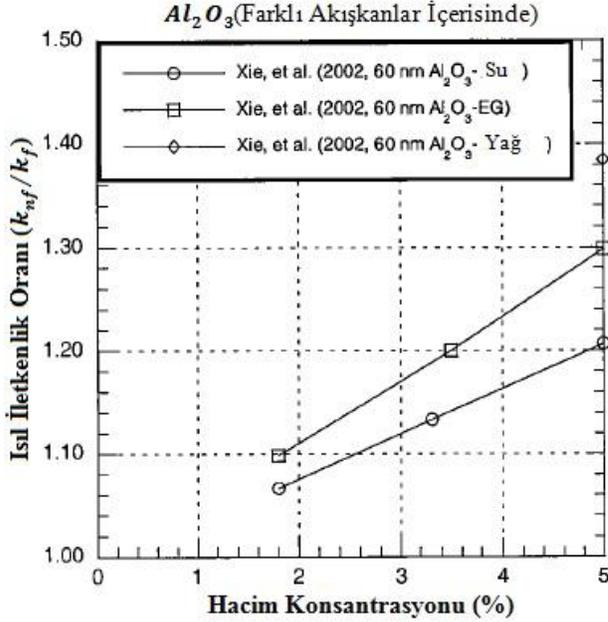


Şekil 5: SiC içeren Nanoakışkanda Parçacık Şekil Etkisi (Wang et al. ,2002)

Yukarıda gösterilen deney grafiğinde SiC-su süspansiyonunda kullanılan küre ve silindir parçacıkların ısı iletkenliğ e etkisi incelenmiştir. Grafikten de anlaşılacağı üzere silindirik partiküller için ısı iletkenliğ in daha yüksek olduğu görülmektedir. Silindirik şekilli oluşan nanoakışkanlar genelde küresel partikül içeren nanoakışkanlara nazaran daha fazla ısı iletkenlik kazanımı göstermektedir. Bunun nedeni olarak, silindirik nanoparçacıkların mikrometre ölçüsünde uzunluklara sahip olmaları gösterilebilir. Buna karşılık; silindirik partiküllerden oluşan nanoakışkanlar, küresel nanoparçacıklardan oluşan nanoakışkanlara nazaran daha büyük viskozite değerlerine sahiptir. Bu da gerekli olan pompa gücünü arttıracığından kullanılabilirliği kısıtlamaktadır.

5. Baz Akışkan cinsi

Isıl iletkenliği etkileyen bir diğer faktör de baz akışkan malzemesidir.

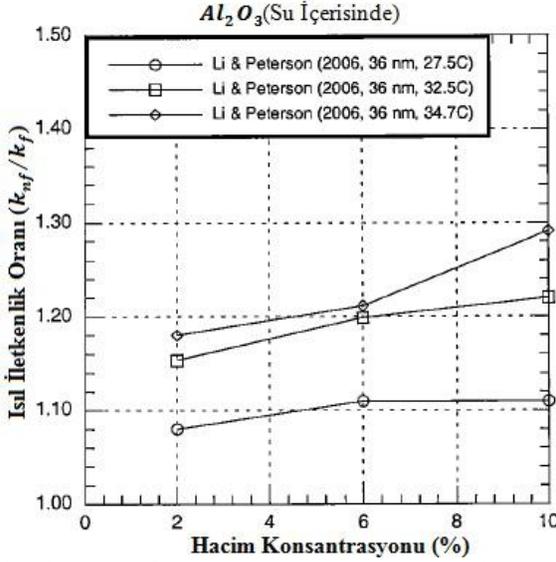


Şekil 6: Al_2O_3 içeren Nanoakışkanda Akışkan Malzeme Etkisi (Wang et al. ,2002)

Yukarıda gösterilen deney grafiğinde su, etilen glikol, ve yağ için elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Buna göre yağ için ısıl iletkenlik oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Akışkanlar arasında en yüksek ısıl iletkenliğe sahip olan sudur. Suyun ısıl iletkenliği daha yüksek olmasına karşın elde edilen ısıl iletkenlik artışının daha düşük olduğu görülmektedir. Anlaşılacağı üzere nispeten daha düşük ısıl iletkenliğe sahip akışkanlar kullanıldığı takdirde elde edilen ısıl iletkenlik artışının daha yüksek olduğu görülmektedir.

6. Sıcaklık Etkisi

Isıl iletkenlik üzerinde etkisi olan bir diğer faktör ise sıcaklıktır. Nanoakışkanların sıcaklık farklarına karşı ısıl iletkenlik hassasiyeti diğer akışkanlara nazaran daha yüksektir.

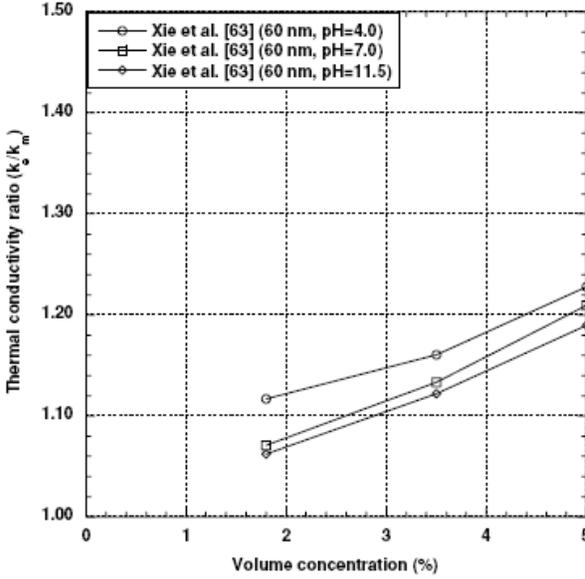


Şekil 7: Al_2O_3 içeren Nanoakışkanda Sıcaklık Etkisi (Wang et al., 2002)

Yukarıda gösterilen deney grafiğinde farklı sıcaklıklar için elde edilen ısıl iletkenlik değişimleri sunulmuştur. Nanoakışkanların diğer akışkanlara nazaran ısıl iletkenliğin sıcaklıkla artması akışkan içerisinde bulunan parçacıkların sıcaklığa bağlı ısıl iletkenlik değişimleri ile açıklanabilir. Yukarıdaki deney grafiğinde parçacık boyutları sabittir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde nanoakışkanların artan sıcaklıklar ile paralel olarak ısıl iletkenliklerinde de artışlar meydana geldiği görülmektedir.

7. Ph Etkisi

Nanoakışkanların ısı iletkenliğe etkisi olduğu bilinen bir diğer faktör de ortamın pH derecesidir.



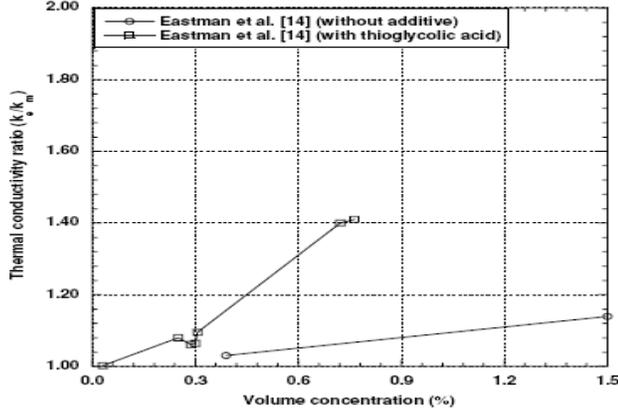
Şekil 8: Al₂O₃ içeren Nanoakışkanda pH Etkisi (Wang et al. ,2002)

Yukarıda gösterilen deney grubunda farklı ortam pH'ları için elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

Aynı parçacık (Al₂O₃) boyutları için elde edilen sonuçlar incelendiğinde azalan pH değeriyle beraber ısı iletkenliğinin arttığı görülmektedir. Optimum bir pH değerinin, nanoparçacıkların yüzey hareketlerini arttırdığı ve nanoparçacıklar arasında itici güç oluşturarak, nanoparçacıklar arası kümelenmeyi azalttığı söylenebilir.

• 8. Kümelenme Etkisi

Kümelenme; nanoparçacıkların bir araya gelmesiyle daha büyük partiküllerin oluşması olarak tanımlanabilir. Kümelenme, nanoakışkanlarda genelde görülür ve ısı iletkenlik üzerinde etkili bir parametredir. Katkı maddeleri eklenerek nanoparçacıkların sıvı içerisinde askıda kalması ve kümelenmesi engellenir ve böylece ısı iletkenliği artar. Bu nedenle, nanoakışkanların ısı iletkenliğinin artmasına neden olur. Şekilden de görüldüğü gibi CuO içeren etilen glikol bazlı nanoakışkan süspansiyonuna katkı maddesi eklenmesiyle artan ısı iletkenlik artışı sunulmuştur.



Şekil 9: Kümelenme etkisi (Eastman et al., 2001)

2) 3. Nanoakışkan Kullanımının Sağladığı Avantajlar

Nanoakışkanların ısı transferi konusunda sağladığı avantajları şu şekilde sıralayabiliriz;

(i) Nano seviyesinde akışkan içerisinde bulunan partiküllerin gelişigüzel hareketleri türbülansı artırır ve bu sayede ısı iletim performansı artar.

(ii) Daha önce mikro seviyede yapılan çalışmalarda karşılaşılan basınç düşümü problemi, nano seviyede partikül kullanımı ile ciddi seviyelerde azalma sağlanabilmektedir.

(iii) Nanopartiküller sayesinde yüzey alanı artırılarak ısı transferi iyileştirilmiş olur (Yu et al., 2007).

4. Nanoakışkanların Endüstriyel Uygulamalarda Kullanılması

3) Endüstride kullanılan ısı değiştiricilerde ısıl performansı arttırmaya yönelik değişik konfigürasyonlar denenmektedir. Bu uygulamalarda malzeme tasarrufu, ısı değiştirici boyutları, pompalama gücü vb. etkenler verimli sistemler üretebilmek için önemli kısıtlayıcılardır. Otomobil, kamyon, uçak gibi taşıma endüstrisi, performansları yüksek araçlar üretmeye devam ettikçe, performansa paralel olarak artan efektif soğutma ihtiyaçları gereği malzeme, boyut, hacim, ağırlık ve ekonomiklik kısıtlamalarını da dikkate alarak ısı atabilecekleri etkili akışkanlara ihtiyaç duymaktadırlar (Şahin vd.,2006).

Halen günümüzde endüstriyel birçok alanda kullanılan soğutma sistemlerinde kullanılan akışkanlar yüksek ısıl iletkenliklerine sahip değillerdir. Bu sistemlerde nanoakışkanların kullanılmaya başlanması ile ciddi verim artışları sağlanabilecektir. Bu sayede kullanılan cihazların ömürlerinin artırılması da sağlanabilecektir.

Günümüzde özellikle bilgisayar sistemlerinde kullanılan elektronik devreler yüksek derecede ısı üretmektedirler. Üretilen bu ısı bir takım yöntemlerle uzaklaştırılmaya çalışılsa da tam etkili olamamakta

ve bu durum cihaz ömürlerini önemli derecede etkilemektedir. Nanoakışkanlar kullanılarak yapılacak etkin bir soğutma sistemi ile bu problem çok rahatlıkla giderilebilir.

Endüstriyel alanda nanoakışkanların kullanılmaya başlanması ile hem çevresel kirlenme açısından ciddi kazanımlar sağlanabilecek, hem kullandığımız sistemlerin ömürlerini uzatabilecek, aynı zamanda bu teknoloji sayesinde yeni tasarımlar ve sistemler ile tanışabileceğiz.

4) 5.Sonuç

Geniş kullanım alanı sayesinde hayatımızın hemen hemen her alanında kullanılma olanağı bulunan nanoakışkanların çevremizde yeni sistem tasarımları olarak karşımıza çıkma olanağı bulunmaktadır. Daha kompakt ürünler, daha uzun ömürlü sistemler, daha az enerji kaybı ile maksimum verim elde edilebilen araçlar sayesinde daha yaşanabilir bir dünya elde edilebileceği kuşkusuzdur.

Nanoakışkanların bir çok endüstriyel alanda yaygınlaşması ile elde edilebilecek faydaların en önemlileri enerji verimliliğinde ciddi artışlar sağlanabilmesi, küresel bir problem olarak karşımıza çıkan küresel ısınmanın etkilerini azaltması, çağımızın en önemli olgularından biri olan enerji verimliliği konusunda harcanan çabalar gözönünde bulundurulduğunda bir çok sisteme entegre edilebilecek bu teknolojinin yaratacağı tasarrufun ne denli önemli olduğu anlaşılabilir.

KAYNAKÇA

1. Eastman, J.A., Choi, S.U.S., Yu, W., Thompson, L.J., (2001) Anomalous increase in effective thermal conductivity of ethylene glycol-based nanofluids containing copper nanoparticles, *Appl. Phys. Lett.* 78, 718–720.
2. Gürmen S., Ebin B., Nanopartikül ve Üretim Yöntemleri-1 , İstanbul Teknik Üniversitesi, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası, Metalurji,31-38.
3. Keblinski, P., Phillpot, S.R., Choi, S.U.S. and Eastman, J.A. , Mechanisms of Heat Flow in Suspensions of Nano-sized Particles (nanofluids)(2002) *Int. J. Heat Mass Transfer*, 45, 855–863.
4. S.U.S. Choi, Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles (1995), in: D.A. Siginer, H.P. Wang (Eds.), *Developments and Applications of Non-Newtonian Flows*, FED-vol. 231/MD-vol. 66.
5. Şahin B., Çomaklı K., Çomaklı Ö., Yılmaz M., (2006) Nanoakışkanlar ile Isı Transferinin İyileştirilmesi”, *Mühendis ve Makine*, Cilt:47, Sayı:559, 29-34.
6. Wang BX, Zhou LP, Peng XP (2002) A fractal model for predicting the effective thermal conductivity of liquid with suspension of nanoparticles. *Int J Heat Mass Transfer* 46:2665–2672
7. Yu W., France D.M., Choi S.U.S., Routbort J.L., (2007) Review and Assessment of Nanofluid Technology for Transportation and Other Applications, ANL/ESD 07-9.

ISI EŞANJÖRLERİNDE KULLANILAN NANOAKIŞKANLARIN ISIL PERFORMANS ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Elif Büyük ÖĞÜT

1. Giriş

Isı eşanjörleri (değiştiricileri) birçok mühendislik uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır, Bu uygulamalara kimya endüstrisindeki uygulamalar, güç üretim, gıda endüstrisi, çevre mühendisliği, atık ısı kurtarma, klima ve soğutma gibi örnekler verilebilir. Günümüzde enerjinin yüksek fiyatları, tesislerde mümkün olduğunca enerji tasarrufu yöntemlerini uygulamak için endüstriyi motive etmektedir. Onlarca yıldır, ısı değiştiricilerin ısı transferini arttırmak, ısı transfer süresini azaltmak ve nihayetinde enerji kullanım verimliliğini artırmak için çaba sarf edilmiştir. Pasif ve aktif yöntemler arasında, türbülans oluşturmak, ısı transfer yüzeyini artırmak veya daha yüksek termofiziksel özelliklere sahip bir sıvı kullanmak bulunmaktadır. Nanoteknolojideki son gelişmeler, ilk olarak Choi (1995) tarafından ortaya atılan ve kimyasal olarak kararlı metaller (örneğin bakır, altın, gümüş), metaloksitler (örneğin, alümina, bizmut oksit, silika, titania, zirkonya) ve baz akışkandan daha büyük termal iletkenliklere sahip birkaç karbon allotropları (örneğin, elmas, tek duvarlı ve çok duvarlı karbon nanotüpler, fullerinler) dahil olmak üzere nanometre büyüklüğündeki partikülleri içeren sıvı süspansiyonları tanımlamak için kullanılan yeni bir nanoakışkanlar kategorisi geliştirmeye izin vermiştir.

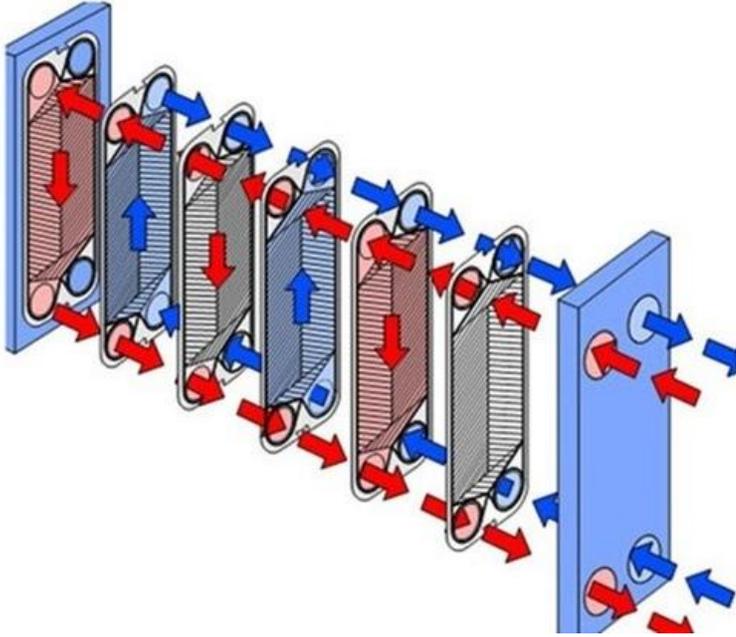
Bu konudaki araştırma makalelerinin sayısındaki artış, kayda değer bir büyüme ve ısı transferi artırım teknolojisinin önemini göstermektedir. Isıl iletkenliğinde gözlenen iyileşmeler nedeniyle, nanoakışkanların konveksiyonla ısı transferi artmaktadır. Bununla birlikte, baz akışkanlardaki nanopartiküllerin süspansiyonları, aynı zamanda viskozite ve termal kapasite gibi termal iletkenlik dışındaki termo-fiziksel özellikleri de etkilediği için, nano partiküllerin ısı transfer performansı üzerindeki etkisinin niceliksel olarak ölçülmesi gerekmektedir (Godson vd., 2010).

Bu bölümde nanoakışkanların, plakalı ısı değiştiriciler, gövde borulu ısı değiştiriciler, kompakt ısı değiştiriciler ve çift borulu ısı değiştiriciler gibi sanayide kullanılan ısı değiştiricilerinde mevcut literatürlere dayalı olarak uygulanmasını açıklamaktadır.

• 1. Plakalı ısı değiştiricileri (PHE)

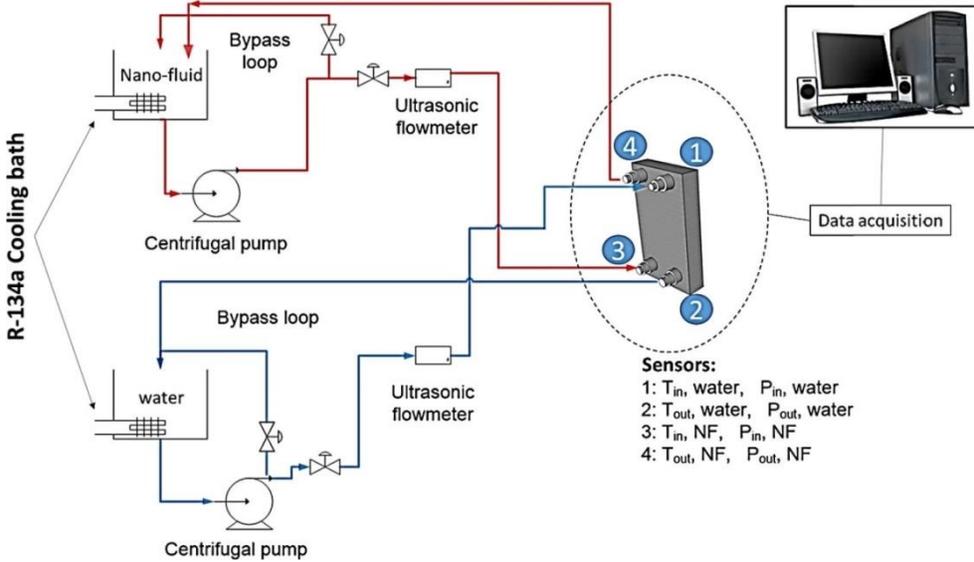
İlk kez 1921 yılında sütçülük alanında kullanılan plakalı ısı eşanjörleri (PHE) Şekil 1 de görüldüğü gibi farklı alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. PHE, bir dizi ince levha ve bunları desteklemek için bir

çerçeve içerir. Çalışma sıvısı bitişik plakalar arasındaki boşluğun içinde hareket eder. Isı transfer yüzeyi, plakaların eklenmesi veya çıkarılması ile basitçe değiştirilebilir ve ısı transfer oranı ayarlanabilir. Enerji tasarrufu için artan gerekliliklerle, PHE'ler artık sektörlerde önemli bir rol oynamaktadır. Yüksek verimliliğe sahip bir PHE, atık enerji oranlarını önemli ölçüde azaltabilir. Chevron ve balıksırtı gibi birçok PHE vardır. Bu tiplerden, Chevron PHE en yaygın olarak kullanılmaktadır. Genel olarak, bir Chevron plakası, verimli ısı transferine izin vererek nispeten yüksek türbülansa neden olabilir. Troupe vd. (1960) tarafından yapılan çalışmada bir PHE kullanılarak sağlanan ısı transfer katsayıları, Reynolds sayısı birkaç kat daha fazla olan borular için elde edilen değerlere benzer şekilde sonuçlar elde etmişlerdir.



Şekil 1. Plakalı ısı değıştirici

Nanoakışkanların uygun özelliklerinin yanı sıra endüstride PHE'lerin önemi nedeniyle, birçok araştırmacı bu ısı değıştiriciler grubunda nanoakışkanların kullanımının etkilerini araştırmıştır. Şekil 2, üç ana bölümden oluşan örnek bir araştırmada (Sarafraz vd. 2017) kullanılan deney düzeneğini göstermektedir:



Şekil 2 Plakalı ısı değiştiricisi deney dzeneninin şematik diyagramı

Dzenekte su dngüsü için çalışma sıvısı olarak su ve nanoakışkan çevrimi için CuO / su bazlı nanoakışkan kullanılmıştır. Ek olarak, her bir çevrim için, akışkanın sistem içinde dolaştırılması için bir santrifuj pompası kullanılmıştır. Sıvı akışını ölçmek için, her akışkanın çevriminde bir ultrasonik akış ölçer yerleştirilmiştir.

PHE'lerde nanoakışkanların kullanımı üzerine bugüne kadar yapılan çalışmalara rağmen, gelecekte yapılacak araştırmalarda çözümlenmesi gereken belirsizlikler bulunmaktadır. Bu nedenle, farklı araştırmacılar arasındaki bulgulardaki tutarsızlıkları gidermek için bu alanda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Pantzalı vd. (2009) nanoakışkanların, modüler yüzeyle minyatür plakalı ısı eşanjörü üzerindeki performansını sayısal ve deneysel etkilerini incelemişlerdir. Nanoakışkanın termofiziksel ölçümleri (sudaki CuO hacim konsantrasyonu %4), ısıl iletkenliğinde ve viskozitede artışa karşın, ısı kapasitesinde belirgin bir düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir. Bunun yanında, ısı aktarımının daha düşük akış hızında ve ana akış transfer mekanizmasının konveksiyon olduğu yüksek akış hızında daha fazla olduğu, nanoparçacık katkısının sınırlı olduğu belirtilmiştir. Sonuçlar, belirli bir ısıl verim için gerekli olan nanoakışkan hacimsel akış oranının, basınç düşüşüne neden olan suyunkinden daha az olduğunu ve daha az basınç düşüşü ve daha az pompalama gücü sağladığını göstermektedir.

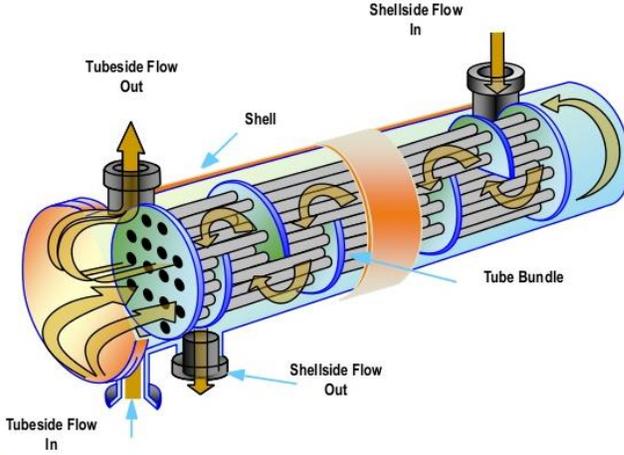
Kwon vd. (2011), bir plakalı ısı eşanjöründe ZnO ve Al₂O₃ nanoakışkanlarının ısı transfer özellikleri ve basınç düşüşü üzerine

deneysel araştırmalar yapmışlardır. Isıl iletkenliği ve kinematik viskozitesi gibi ölçölen termofiziksel özellikler, iki aşamalı bir yöntemle yapılan ZnO ve Al₂O₃ nanoakışkanlarını kullanan plakalı ısı eşanjörünün konvektif ısı transferi katsayısının hesaplanmasına uygulanmıştır. Deneysel sonuçlar, Reynolds sayısına göre, %6 hacim konsantrasyonuna sahip Al₂O₃ su bazlı nanoakışkan için toplam ısı transferi katsayısı, %30'a kadar bir artış göstermiştir. Çünkü verilen viskozite ve yoğunlukta nanoakışkanların aynı akış hızlarına sahip olmadığı görölmüştür. Bununla birlikte, belirli bir hacimsel akış oranında performans artmamıştır. Bunun için optimum bir katı hacim oranı seçilmelidir.

Pandey ve Nema (2012) tarafından, farklı konsantrasyonlarda ve türbölanslı akışta alüminyum oksit su bazlı nanoakışkan kullanarak oluklu plakalı ısı değiştiricisinde konvektif ısı transferinin etkisi çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ısı transfer özelliklerinin Reynolds ve Peclet sayısındaki artışla ve nanoakışkan konsantrasyonundaki azalışla birlikte geliştiğini göstermiştir. Belirli bir ısı yükü için gerekli pompalama gücü, nanoakışkan konsantrasyonundaki artışla birlikte artmıştır. Sıcak ve soğuk akışkanlar için belli bir aralıktaki alınan akış hızları için nanoakışkanla karşılaştırıldığında hem güç tüketimi hem de ısı transfer oranları su için daha düşüktür. Ayrıca, verilen bir ısı yükü için nanoakışkan için düşük akış hızı gerektirdi, ancak baz akışkan olan sudan daha yüksek bir basınç düşüşü ile karşı karşıya kalmıştır. Belli bir pompalama gücü için, nanoakışkanlardan en fazla ısı transfer oranı en düşük nanoakışkan konsantrasyonuyla bulunsa da, baz akışkan suya nazaran daha fazla ısı çıkartılabilmıştir.

1. 2. Gövde borulu ısı değiştiricileri:

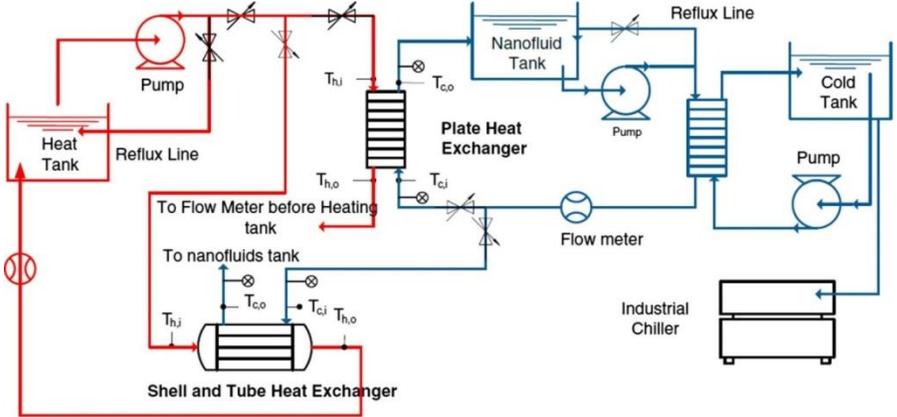
Gövde borulu ısı değiştiricileri (STHEX'ler) (şekil 3), enerji santrallerinde, petrol rafinerilerinde, gıda endüstrilerinde vb çok sayıda uygulama ile endüstride en çok kullanılan ısı değiştirici türleri arasındadır. Isı değiştiricilerin %35-40'ından fazlası, sağlam yapı geometrilerine, kolay bakım ve olası yükseltmelere bağlı olarak STHEX'dir (Bahiraee, 2015). Usulleri nedeniyle, bu ısı eşanjörleri endüstriyel gelişmelere rağmen ısı değiştirici olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır.



Şekil 3. Gövde borulu ısı değiştiricisi

Gövde borulu ısı değiştiricilerinin performansını arttırmak için, bazı araştırmacılar nanoakışkanların bunlara uygulanmasının etkisini incelemişlerdir. Buna göre Şekil 4' de bir gövde borulu ısı değiştiricisine ilişkin bir deney düzeneğini göstermektedir (Anoop vd., 2013). Nanoakışkanın ısı transfer özelliklerini test etmek için, bir endüstri tipi, laboratuvar ölçekli plakalı ve bir gövde-borulu ısı değiştirici aracılığıyla ters akış konfigürasyonunda çalışmak üzere bir sıcak akış döngüsü ve soğuk akış döngüsü oluşturulmuştur.

Akış devreleri, kontrol valflerini değiştirerek, deneylerin hem plakalı ısı değiştiricide hem de gövde-borulu ısı değiştiricisinde gerçekleştirilebileceği şekilde tasarlanmıştır. Sıcak akış döngüsü, ısı değiştiricisi içinden pompalanan ve tekrar depoya giden büyük bir PID kontrollü ısıtma tankından oluşmakta ve akışkan olarak su kullanılmaktadır. Soğuk çevrim, baz akışkan deneyi için su ve değişen konsantrasyonlarında SiO_2 / su nanoakışkanın içeren küçük bir tanktan oluşmaktadır.



Şekil 4 Gövde borulu ısı değiştiricisi deney düzeneği

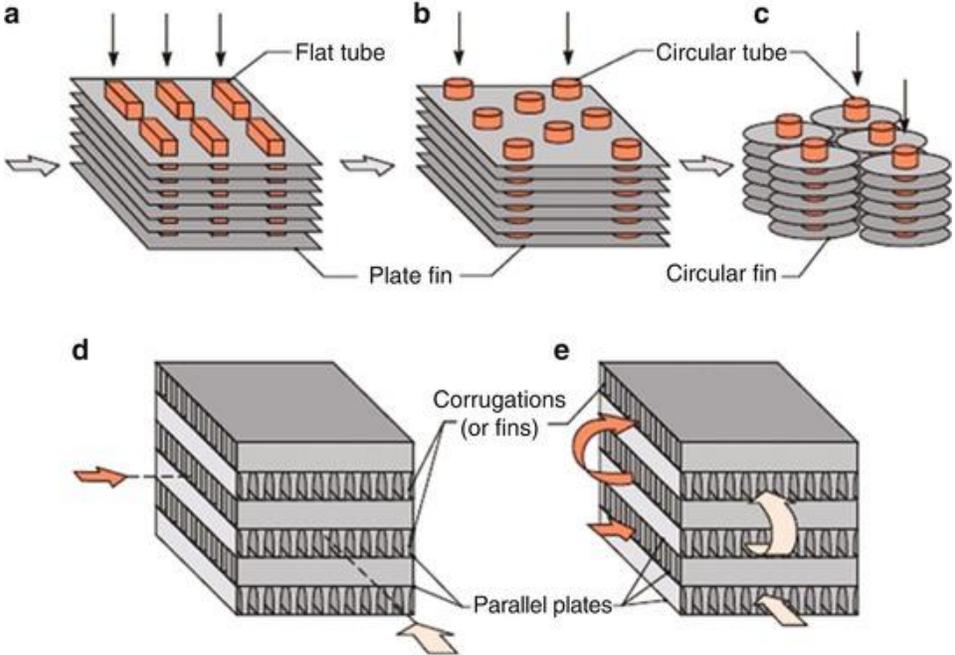
STHEX'lerde nanoakışkanların uygulanmasına ilişkin literatür taraması, birçok pratik uygulamada faz değişiminin meydana gelmesine rağmen bu ısı değiştiricilerle ilgili araştırmaların çoğunun faz değişimi olmaksızın yürütülmesi, sonuç olarak gelecekteki araştırmalarda bu durumun göz önüne alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, ilgili literatürde, elde edilen sonuçların nanoparçacık tipi, morfoloji şekli, sürfaktanlar, benzetim ve parametrelerin ölçülmesi için düşünölen planlar ve hazırlama teknikleri gibi nanoakışkanların termal özelliklerine önemli ölçüde bağlı olduğu açıktır. Bu nedenle, farklı parametrelerin etkisinin ihmal edilmesi, doğruluğu azaltabilir. Bu nedenle, pek çok araştırmacının sadece endüstride doğrudan kullanılamayacak olan spesifik ve basit konfigürasyonlara konsantre olmayı tercih etmesine rağmen, farklı parametreler dikkate alınmalıdır. Sonuç olarak, gelecekteki çalışmalar daha kapsamlı olmalı ve basitleştirici varsayımları kullanmaktan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.

Literatürde bildirilen STHEX'lerde nanoakışkanların ısı transfer performansı üzerine birçok sayısal ve deneysel araştırmaya rağmen, bu tip ısı değiştiricilerde karışık konveksiyon ısı transferi konusu dikkate alındığında önemli bir bilgi eksikliği hala mevcuttur. STHX'lerin pratik uygulamalarında karışık konveksiyonun önemi nedeniyle, bu alanda daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

STHEX'lerdeki şaşırtıcıların, performansı önemli ölçüde etkileyen önemli tasarım parametreleridir. şaşırtıcıların aralığı ve bölme kesimi, hem ısı transfer oranını hem de basınç kaybını etkileyen en önemli geometrik öğelerdir. Buna rağmen şaşırtıcı konfigürasyonunun nanoakışkanlarla çalışan STHEX'lerin özellikleri üzerindeki etkisi konusunda çok az araştırma yapılmıştır. Bu durum gelecekteki çalışmalarda daha fazla dikkate alınmalıdır.

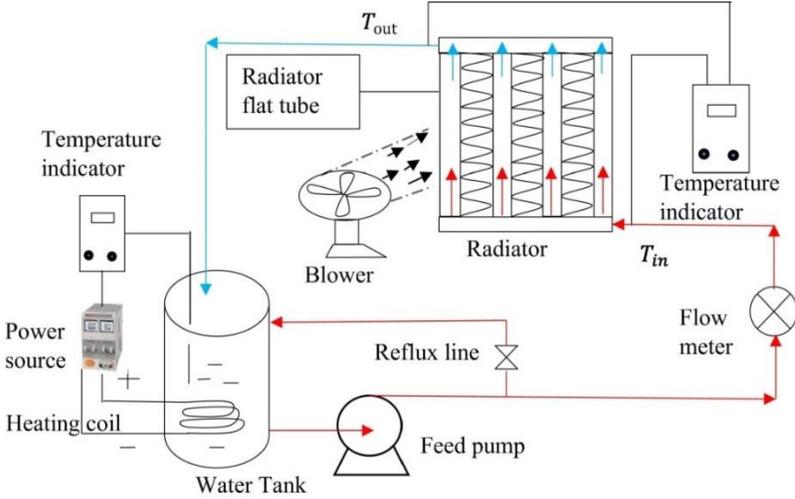
J. 3. Kompakt ısı değiştiriciler:

Kompakt ısı değiştiricilerde (şekil 5) nanoakışkanların kullanımı konusunda bazı çalışmalar yapılmış olmasına rağmen, bu ısı değiştiricilerde nanoakışkanların uygulanması diğer ısı eşanjörlerinden daha az çalışmalara yer verilmiştir. Kompakt ısı değiştiriciler, otomotiv termal-akışkan sistemleri, araba radyatörleri, HVAC sistemleri için buharlaştırıcılar ve kondansatörler, yağ soğutucuları ve i soğutucular gibi amaçlarla yoğun olarak kullanılmaktadır.



şekil 5. Kompakt ısı değiştiriciler

şekil , su deposu, bir ısıtma bobini, bir besleme pompası, sıvı akış ölçer, üfleyci, radyatör, sıcaklık göstergeleri, güç kaynağı ve çevrim hatları gibi diğer bileşenlerle entegre edilmiş kompakt bir ısı değiştiricisi olan araba radyatörünün çalışma şeklinin şematik diyagramını göstermektedir (Tijani ve Sudirman, 2018).

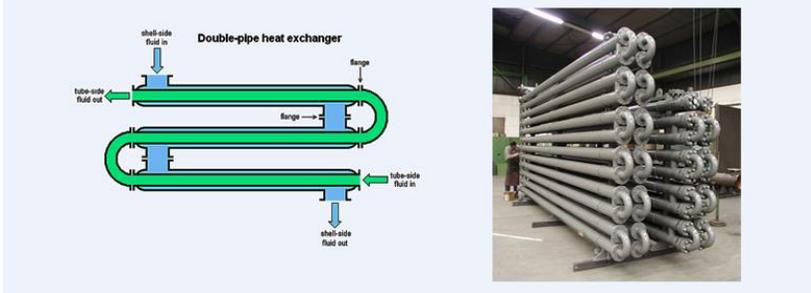


Şekil 6. Kompakt ısı değıştiricisi deney düzeneği

Genel olarak, sunulan sonuçlara göre, nanoakışkanların, araba radyatörlerinde ısı transferini iyileştirmek için potansiyel bir çalışma ortamı olduğu sonucuna varılabilir. Bununla birlikte, nanopartiküllerin kullanılması genellikle araba radyatörlerinin etkinlik faktörünü sınırlayabilecek olan basınç düşüşünü artırır. Ayrıca, çeşitli araştırmalar arasında standardizasyon eksikliği nedeniyle, geliştirme yüzdesinde ve optimal nanopartikül miktarlarında bazı tutarsızlıklar vardır. Bu nedenle, farklı koşullar altında araba radyatörlerinde nanoakışkanların pratik uygulamasını incelemek için daha dikkatli ve sistematik çalışmalara ihtiyaç vardır.

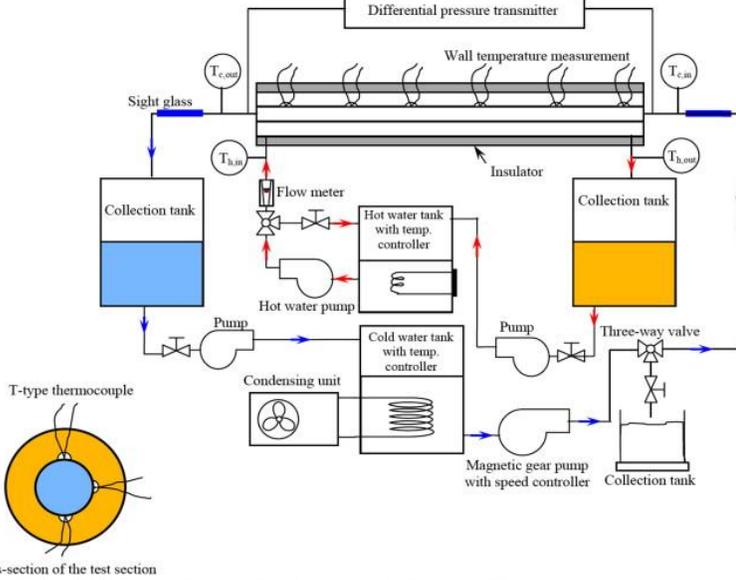
K. 4. Çift borulu ısı değıştiriciler:

Çift borulu ısı değıştiriciler (Şekil 7), birçok uygulamaya sahip olan, geometrik olarak en basit ısı eşanjörü tipidir. Bu nedenle içlerinde farklı nanoakışkanların kullanımı üzerine birçok çalışma yapılmıştır.



Şekil 7. Çift borulu ısı değıştiriciler

Şekil çift borulu bir ısı değıştirici için örnek teşkil edebilecek bir deney düzeneğini göstermektedir (Duangthongsuk ve Wongwises, 2009). Bu deneyde kullanılan düzeneğin bir test bölümü, iki alıcı tank, bir manyetik dişli pompa, bir sıcak su pompası, bir soğutucu tank, bir sıcak su tankı ve bir toplama tankından oluşmaktadır.



Şekil 8. Çift borulu ısı değıştiricisi deney düzeneği

Çift borulu ısı değıştiricileri üzerindeki çalışmaların çoğu, bu ısı değıştiricilerde nanoakışkanların kullanılmasının yararlı olduğunu vurgulamaktadır. Ancak çift borulu ısı değıştiricilerinde nanoakışkanların uygulanması ile ilgili çalışmalarda tutarsızlık söz konusudur. Bu çelişki, klasik teorelin takip edilip edilmeyeceği veya yeni teorelin uygulanmasının gerekip gerekmediği konusunun dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, literatür taraması, çift borulu ısı değıştiricileri üzerinde yapılan araştırma çalışmalarının, kullanılan nanoakışkanların türüne bağlı olduğunu ve sonuçların tüm nanoakışkanlar için genelleştirilemeyeceğini göstermektedir.

4. Sonuçlar ve Değerlendirmesi

Nanoakışkanların ısı transferi üzerindeki etkileriyle ilgili pek çok araştırmacı çalışmalar yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, nanoakışkanların ısı transferi artırma potansiyeline sahip oldukları ve farklı ısı eşanjörlerinde uygulama için oldukça uygun oldukları belirtilmiştir. Deneysel ve sayısal incelemelerin çoğu, nanoakışkanların konvansiyonel akışkanlara kıyasla daha yüksek bir ısı transfer hızı sunduğunu ve artan konsantrasyon ve Reynolds sayısı ile önemli ölçüde

arttığını göstermiştir. Nanoakışkanların ısı değiştircilerinde kullanıma ilişkin genel sonuçlar aşağıda listelenmiştir

- Uygulamada, ısı değiştircilerinde nanoakışkanların kullanımını geliştirmek için, nanoakışkan sentez fiyatlarının ve nanopartiküllerin stabilitesi dikkate alınması gereken iki ana faktördür. Gelecekte yapılan araştırmalarda, soğutma sıvıları olarak nanoakışkan uygulaması ile ilgili fiyat konularına daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir. Nanoakışkan performans artışı ve nanoakışkan maliyeti arasındaki dengeler iyi bir şekilde doğrulanamazsa, nanoakışkanların uygulanması sınırlı olabilir. Bu nedenle, hem performans optimizasyonunun hem de maliyet analizinin aynı anda dikkate alınması çok önemlidir. Ancak ısı değiştircilerde hem hidrotermal optimizasyonu hem de maliyet analizini araştıran çalışmalar yetersizdir. Bu nedenle, ısı transferi ve basınç dūřuřu hususlarına ek olarak, gelecekteki optimizasyon araştırmaları, nanoakışkanların üretilmesi için gerekli maliyetler dahil olmak üzere ekonomik analizleri dikkate alınmalıdır.

- Isı değiştircilerinde nanoakışkanların uygulanması üzerine yapılan araştırmalarında görülen başlıca problemlerden biri, çeşitli değerlendirmelerde standardizasyonun olmamasıdır. Bu, ilgili çalışmalar tarafından sunulan bulgularda gözlenen sapmaların ana sebebi olabilir. Gerçekten de, veri yorumlamadaki yaygın varyasyonlar ve standart yaklaşımların eksikliği nedeniyle, farklı çalışmaların karşılaştırılması zordur. Bu alandaki araştırmacılar arasında, bu teknolojinin araştırmasına ve hızlı büyümesine yönelik daha sistematik bir görüşe sahip olmak için kapsamlı bir iletişim ağı tesis edilmesi yararlı olabilir.

- Isı değiştircilerinde ısı transfer katsayısını ve nanoakışkanların basınç dūřuřünü öngören doğru korelasyonların geliştirilmesi çok önemlidir.

- Kirilenmenin nanoakışkanlarla çalışan ısı değiştircilerin özellikleri üzerinde önemli etkileri olabilir. Bununla birlikte, bu alanda çok az araştırma yapılmıştır. Bu nedenle, ısı değiştircilerin en uygun şekilde tasarlanması için uygun stratejilerin oluşturulması için çok daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

- Nanoakışkanların ısı değiştircilere uygulanmasının avantajları, sadece termofiziksel özelliklerine değil, aynı zamanda ısı değiştircinin geometrik parametrelerine ve çalışma koşullarına da bağlı olarak değişebilir.

- Çift borulu ısı eşanjörleri üzerinde yapılan araştırma çalışmaları, kullanılan nanoakışkanların türüne bağlıdır ve elde edilen sonuçlar tüm nanoakışkanlar için genelleştirilemez.

- STHEX'lerdeki şaşırtıcıların, performansı önemli ölçüde etkileyen önemli tasarım parametreleridir. şaşırtıcıların aralığı ve bölme

kesimi, hem ısı transfer oranını hem de basınç kaybını etkileyen en önemli geometrik öğelerdir. Buna rağmen şaşırtıcı konfigürasyonunun nanoakışkanlarla çalışan STHEX'lerin özellikleri üzerindeki etkisi konusunda çok az araştırma yapılmıştır. Bu durum gelecekteki çalışmalarda daha fazla dikkate alınmalıdır.

- STHEX'lerde nanoakışkanların uygulanmasına ilişkin literatür taraması, birçok pratik uygulamada faz değişiminin meydana gelmesine rağmen bu ısı değiştiricilerle ilgili araştırmaların çoğunun faz değişimi olmaksızın yürütülmesi, sonuç olarak gelecekteki araştırmalarda bu durumun göz önüne alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

- Nanoparçacık tipi, morfoloji şekli, sürfaktanlar, benzetim ve parametrelerin ölçülmesi için düşünülen planlar ve hazırlama teknikleri gibi nanoakışkanların termal özelliklerine önemli ölçüde bağlı olduğu açıktır. Bu nedenle, farklı parametrelerin etkisinin ihmal edilmesi, doğruluğu azaltabilir. Bu nedenle, pek çok araştırmacının sadece endüstride doğrudan kullanılamayacak olan spesifik ve basit konfigürasyonlara konsantre olmayı tercih etmesine rağmen, farklı parametreler dikkate alınmalıdır. Sonuç olarak, gelecekteki çalışmalar daha kapsamlı olmalı ve basitleştirici varsayımları kullanmaktan mümkün olduğunca kaçınmalıdır.

- Nanoakışkan kullanan ısı değiştirici tasarımı da karmaşık teorik korelasyonlar yerine yapay sinir ağları uygulanabilir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve bu aracın birlikte kullanımıyla hesapların zamanı ve hacmi azaltılabilir. Bu yöntemin çeşitli mühendislik alanlarında geniş uygulamalarına rağmen, ısı değiştiricilerde nanoakışkanların uygulanması için incelenen araştırma sayısı yetersizdir.

- Hesaplamalı akışkanlar dinamiği uygulamaları genellikle tez faz kabulü ile yapılmış olup İki fazlı yaklaşımlar ve Lattice-Boltzmann gibi diğer yeni sayısal yöntemler, gelecekte takip edilmesi gereken yöntemler olarak değerlendirilebilir.

- Isı transfer kapasitesinin artırılması için nanoakışkanların, ısı eşanjörlerinde kullanımını bir seçenek haline getirerek, daha iyi sistem performansı ve enerji verimliliği, avantaja yol açmaktadır. Öte yandan, nanoakışkan stabilitesi ve üretim maliyeti, nanoakışkanların ticarileştirilmesini engelleyen önemli faktörlerdir

- Isı değiştiricilerinde ve nanoakışkan üretimindeki teknolojik gelişmelerle, bu teknolojinin, özellikle enerji alanlarının çoğunda, enerji tüketiminin azaltılması için önemli bir uygulama alanı oluşturulmalıdır. Böylece enerji sistemlerinde ısıl iletkenliği yüksek bir nanoakışkan kullanımıyla daha küçük boyutta, kompakt ısı sistemler elde edilebilir.

KAYNAKÇA

8. Anoop K., Cox J., Sadr R., (2013) Thermal evaluation of nanofluids in heat exchangers Int. Commun. Heat Mass Transf. 49, 5–9.
9. Bahiraei, M, Hossein Alipour, SM, Saeedan, M. (2015) Prediction of Nusselt number and friction factor of water- Al_2O_3 nanofluid flow in shell-and-tube heat exchanger with helical baffles. Chem Eng Commun, 202, 260–268.
10. Choi, S.U.S.,(1995) Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles in: D.A. Siginer, H.P. Wang (Eds.), Developments and Applications of Non-Newtonian Flows, ASME FED, 231, 99-103.
11. Duangthongsuk W, Wongwises S., (2009), *Heat transfer* enhancement and pressure drop characteristics of TiO_2 -water nanofluid in the double-tube counter flow *heat* exchanger Int. J. Heat Mass Transf. 52, 2059–2067.
12. Godson Raja L, Mohan Lal B, Wongwises D. S. (2010) Enhancement of heat transfer using nanofluids—An overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14:629–641.
13. Kwon YH, Kim D, Li CG, Lee JK, Hong DS, Lee JG (2011) Heat transfer and pressure drop characteristics of nanofluids in a plate heat exchanger. Journal of Nanoscience and Nanotechnology 11(7), 5769–5774.
14. Pandey SD, Nema VK. (2012) Experimental analysis of heat transfer and friction factor of nanofluid as a coolant in a corrugated plate heat exchanger. Experimental Thermal and Fluid Science;38,248–256.
15. Pantzalia MN, Kanarisa AG, Antoniadisb KD, Mouza AA, Paras SV. (2009) Effect of nanofluids on the performance of a miniature plate heat exchanger with modulated surface. International Journal of Heat and Fluid Flow, 30,691–699.
16. Sarafra, M. M., Nikkhah V., Madani S. A., Jafarian M. and Hormozi F., (2017) Low-frequency vibration for fouling mitigation and intensification of thermal performance of a plate heat exchanger working with CuO /water nanofluid, Applied Thermal Engineering, 121, 388-399.
17. Tijani A.S., Sudirman A.S., (2018) Thermos-physical properties and heat transfer characteristics of water/anti-freezing and $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CuO}$ based nanofluid as a coolant for car radiator, Int. J. Heat Mass Transf. 118, 48–57.
18. *Troupe R.A., Morgan J.C., and Prifti J.,(1960) The plate heater-versatile chemical engineering tool, Chemical Engineering Progress, 56: 1, 124-128.*

TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASININ FARKLI SOĞUTUCU AKIŞKANLARDA TERMODİNAMİK ANALİZİ

Canan CİMŞİT & İlhan Tekin ÖZTÜRK***

1.Giriş

Geleneksel binaların ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli aletlerin çalıştırılması için harcanan enerji genellikle fosil yakıt kaynakları olan petrol, kömür ve doğalgazdan sağlanırken, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çok azdır. Mevcut binalarımızda ısıtma ve soğutmada kullanılan enerji tüketimi oldukça yüksektir. Bu nedenle de enerji maliyetlerinin, ısıtma soğutma sistemlerinin seçimini ve kullanımını etkileyen en önemli parametrelerden biri olduğu söylenebilir. Bu durumda alternatif sistemler içerisinde, ısıtma ihtiyacını karşılamada ısı pompasıyla çalışan sistemler ön plana çıkmaktadır. Isı pompaları bir mahalın ısıtılması veya sıcak su üretimi amaçlarıyla kullanılmaktadır. Bina ve işyeri ısıtmalarında, yerden ısıtmada, sıcak havalı sistemlerde, iklimlendirme tesislerinde ve yüzme havuzlarının ısıtılmasında kullanılırken; endüstriyel uygulamalarda, çeşitli kurutma, buharlaştırma, damıtma işlemlerinde ve süt pastörizasyon işlemlerinde kullanılabilir (Özgür vd., 2015).

Isı pompalarında genellikle ısı enerjisinin alındığı soğuk ortam kaynak, ısı enerjisinin aktarıldığı ortam kuyu olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu sistemler çoğu zaman kaynak tiplerine göre ya da kaynak kuyu tiplerine göre adlandırılmaktadır. Örneğin eğer ısı kaynağı olarak toprak kullanılıyor ise toprak kaynaklı ısı pompası olarak adlandırılabilir. Isı enerjisinin havadan alınıp da suya aktarıldığı bir ısı pompası sistemi de havadan suya ya da hava-su ısı pompası olarak adlandırılabilir (Çakır ve Çomaklı, 2011).

Isı pompaları için en çok kullanılan enerji kaynağı havadır. Kaynak olarak çevre havayı kullanan sistemlerde en büyük sorun, özellikle nemli yörelerde sıcaklık 2 ile 5°C'nin altına düştüğü zaman ortaya çıkan karlanmadır. Buharlaştırıcı boruları üzerinde karlanma istenmeyen bir olgudur (Çengel ve Boles, 1989).

Yer kaynaklı olarak adlandırılan ısı kaynağı olarak toprağı ya da yeraltı sularını (genellikle jeotermal sular) kullanan sistemler de yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu sistemler toprak kaynaklı ise uygun jeolojik yapıya ait her yerde kurulabilirken, su kaynaklı olanların kullanımı uygun suların yakınlarına kurulması mümkün olmaktadır. Bu sistemlerin ilk yatırım maliyetleri hava kaynaklı sistemlere göre daha fazladır ve sistemin

* Kocaeli Üniversitesi, Gölcük MYO, Gölcük-Kocaeli

** Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Umuttepe-Kocaeli

büyüklüğüne göre aradaki fark daha da fazla olabilmektedir. Uygun sıcaklıkta kaynağın bulunması durumunda, verimli ve performanslı çalışma şartlarının oluşmasına bağlı olarak bu tip sistemlerin işletme maliyetleri diğeri tiplerinkine göre daha uygun olmaktadır. Toprak ya da su kaynaklı ısı pompaları hava kaynaklı ısı pompalarına göre daha ağır ve fazla kapasite gerektiren iklimlendirme şartlarında çalışabilmektedirler (Çakır ve Çomaklı, 2011).

Yer altı suyu sistemlerinden farklı olarak toprak kaynaklı sistemler doğrudan yeraltı suyu kullanmazlar; bunun yerine toprak altına gömülü bir ısı değiştirici vasıtasıyla toprağın ısısını alırlar. Yıl boyunca güneşin yeryüzüne sağladığı ve toprağın depoladığı enerji, ısı kaynağı olarak kullanılır. Güneş, yaz mevsiminde öğle vakitlerinde 1000 W/m^2 toprak alanı enerji, kış mevsiminde ise $50\text{-}200 \text{ W/m}^2$ toprak alanı enerji göndermektedir. Toprak alanı enerjinin yeryüzünün üstüne akan ısı akışı ise sadece $0.042\text{-}0.063 \text{ W/m}^2$ toprak alanı değerindedir. Bu ise pratikte ihmal edilebilir. Bundan dolayı toprağın yıl içerisindeki sıcaklık değerleri dengeli ve yüksektir. Toprağın 1-2 m altındaki sıcaklık değerleri çok az değişmekte olup, yıl boyunca en düşük sıcaklık 0°C 'nin altına inmemektedir. Bu durum toprağın, kışın en soğuk günlerinde bile optimal işletme için gerekli olan sıcaklık değerlerine sahip olduğunu gösterir. Aynı zamanda yer altı ve yüzey suyuna kıyasla yararlanma imkânının çok daha fazla oluşu toprağı ısı pompaları için önemli bir ısı kaynağı/çukuru durumuna getirmiştir. Toprak sıcaklığının hava sıcaklığına kıyasla yıl içinde fazla değişmemesi ve kışın uygun sıcaklık seviyesinde olması toprak kaynaklı sistemlerin özellikle karasal iklimlerde kullanımına imkân sağlamaktadır. Toprak kaynaklı sistemler evlerde ve ticari/kurumsal binalarda kullanılmakta olup yeraltı suyu kaynaklı sistemlere benzer avantajlar sunmaktadırlar (Erdoğan vd., 2006)

Isı pompası sistemlerinde doğal kaynaklardan faydalanması ve bu sistemlerde kullanılan akışkanların ozon tabakasına zararsız veya az zararlı, küresel ısınma potansiyeli düşük olması nedeniyle daha ekonomik ve çevre korumalı mahal ısıtma ve soğutması sağlamak mümkün olabilmektedir.

Bu çalışmada toprak kaynaklı bir ısı pompasının alternatif soğutucu akışkanlarda termodinamik analizi yapılmıştır. Soğutucu akışkan olarak NH_3 , R-134a, R404A, R410A, R407C, R290 ve R600a soğutucu akışkanları kullanılarak elde edilen çevrimler analiz edilmiştir. Elde edilen çevrimlerin performans katsayısı ve enerji analizlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sistemi

Isı pompaları soğutma makinası prensibine göre çalışırlar. Bir soğutma makinasının kullanım amacı soğutulan ortamdaki ısı çekilerek bu ortamın düşük sıcaklıkta tutulmasını sağlamak iken ısı pompalarının kullanım amacı ısıtılan ortamın yüksek sıcaklıkta tutulmasını sağlamaktır. Soğutma makinalarında evaporatörden yararlanılırken ısı pompalarında ise kondanserden yararlanılır. Burada evaporatör tarafından düşük sıcaklıklı ortamdaki ısı kondanser tarafından yüksek sıcaklıktaki ortama aktarılır (Çavuş ve Usta, 2015).

Toprak kaynaklı ısı pompaları kapalı devre olarak çalışan sistemlerdir. Derin kuyu ve toprak kolektörü olmak üzere iki ana uygulama tipi bulunmaktadır. Toprağa gömülen borulardan oluşan toprak ısı değiştirgecinde ısı topraktan çekilir ve kapalı devre akışkanı tarafından ısı pompası eşanjörüne taşınır. Bu devrede antifrizli suyu dolaştıran bir sirkülasyon pompası bulunur. Sıcak sulu ısıtma devresi yine aynıdır. Toprak yerküre için bir izolasyon görevi görmektedir ve toprak yüzey sıcaklıkları mevsimlere göre yani dış havanın sıcaklığına bağlı değişme göstermesine rağmen yeryüzünün 15 m altından itibaren sıcaklık sabit yaklaşık 10°C olmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompaları yaklaşık 70 kW kapasitelere kadar uygulanmaktadır ve çoklu uygulamalarda mümkün olmaktadır. COP değerleri işletme sıcaklıklarına bağlı olarak 2 ila 4,8 değerleri arasında değişmektedir (<http://www.boray.com.tr/>).

Toprak kaynaklı ısı pompası yatay ve dikey olmak üzere iki grupta ele alınabilirler. Toprak kaynaklı ısı pompası toprağı enerji kaynağı olarak kullanmaktadır (Şekil 1 ve Şekil 2) (<http://www.omektron.com/heatpump.html>).



Şekil1: Toprak kaynaklı ısı pompası (Yatay Borulama).



Şekil 2: Toprak kaynaklı ısı pompası (Düşey Borulama).

Yatay borulama sisteminde yatay olarak geniş bir alana spiral veya düz boru olarak serilmektedir. Böylece ısı transfer alanı daha fazla olduğundan çekilecek enerji de fazla olmaktadır. Ancak kullanılan boru uzunlukları düşey borulama yöntemine göre iki kat fazla boru kullanılmaktadır. Düşey borulama sistemi daha çok arazi alanlarının kısıtlı ve zeminin kayalık olduğu durumlarda kullanılmaktadır.

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde polietilen boru içerisinde alkol-su karışımı bulunmakta olup, toprağa yerleştirilerek toprakla ısı alışverişi sağlanmaktadır.

2.2. Soğutucu Akışkanlar

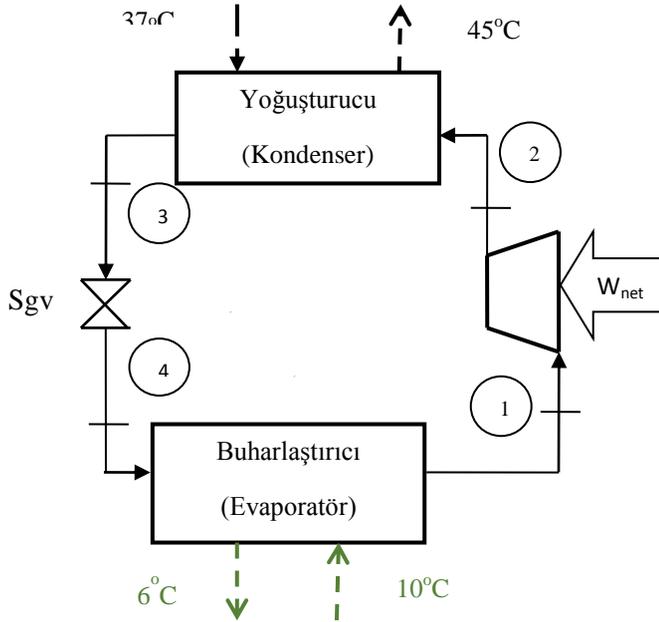
İklimlendirme ve soğutma sistemlerinde en çok kullanılan soğutucu akışkanlardan R-11, R-12 ve R-22'nin ozon tabakası üzerinde en fazla tahribe neden olan akışkanlar olduğu bilinmektedir. Bu akışkanların yerine günümüzde soğutma sistemlerinde kullanılan çevre dostu Hidrokarbonlar (HC), Karışım ve İnorganik Soğutucu Akışkanlar tercih edilmektedir.

Hidrokarbonlar (R-134a, R290, R600a); doğal, zehirsiz, ozonu tüketmeyen, yüksek enerji verimliliği sağlayan, küresel ısınma potansiyeli değeri ihmal edilebilir düzeyde olan, soğutma sistemi ekipmanları değişmeden çalışabilen ve mevcut soğutucu akışkan yağları ile uyumluluk gösteren akışkanlardır (Özcan ve Arcaklıoğlu, 2011). İki veya daha fazla soğutucu akışkanın belirli oranlarda karıştırılarak elde edilen yeni soğutucu akışkana karışım adı verilir. En popüler karışımlar R-500, R-502, 404-A ve 407-C'dir. Günümüzde yapılan yoğun çalışmalar sonucu ozonu çok az veya hiç tahrip etmeyen karışımlar geliştirilmektedir. İnorganik soğutucu akışkanlar 1900'lü yıllarda çok kullanılmasına rağmen günümüzde yalnızca zehirleyici özelliği olmasına

rağmen termodinamik özellikleri mükemmel olan amonyak (NH_3) kullanılmaktadır (Onat vd., 2004).

2.3. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Çevriminin Analizi

Buhar sıkıştırımlı toprak kaynaklı ısı pompası çevrimi Şekil 3'te gösterilmiştir. Toprak kaynaklı ısı pompası çalışma prensibi, buharlaştırıcıya giren soğutucu akışkan topraktan ısı çekerek buharlaşır, sıcaklığı ve hacmi artar; kompresörde sıkıştırılıp basıncı artırılarak kızgın buhar halini alır. Yoğuşturucuya giren kızgın suyun sıcaklığı ve basıncı yüksek kızgın buhar enerjisini suya aktırır ve sıvı halini alır. Ardından, genişleme valfinden buharlaşma basıncına düşürülür ve çevrim tamamlanır (Doğan vd., 2016).



Şekil 3: Buhar sıkıştırımlı toprak kaynaklı ısı pompası çevrimi.

Çevrim için genel kütle dengesi ve enerji dengesi için kararlı rejim şartlarında çalışma için aşağıdaki denklemlerle elde edilebilir (Yamankaradeniz vd., 2002).

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_\zeta \quad (1)$$

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{H}_\zeta - \sum \dot{H}_g \quad (2)$$

Buna göre:

Buharlaştırıcı (Evaporatör):

$$\dot{Q}_{buh} = \dot{m}_1.(h_1 - h_4)$$

(3)

Yoğuşturucu (Kondenser):

$$\dot{Q}_{yoğ} = \dot{m}_3.(h_3 - h_2)$$

(4)

Kompresör:

$$\dot{W}_{komp} = \dot{m}_1.(h_2 - h_1)$$

(5)

Isı pompası ısıtma tesir katsayısı (COP):

$$COP_{IP} = \dot{Q}_{yoğ} / \dot{W}_{komp}$$

(6)

Soğutma tesir katsayısı (COP):

$$COP = \dot{Q}_{buh} / \dot{W}_{komp}$$

(7)

2.4. Hesaplama Sonuçları

Isıtma mevsimi analizi:

Bu çalışmada analiz edilen ısı pompasının (Şekil 3) bütün noktalarındaki termodinamik özellik değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Sistem için NH₃ seçilerek analiz yapılmıştır. Sistemin çalışma koşulları olarak T_{buh}=T₁=10°C, T_{yoğ}= T₃=55°C ve ısıtma yükü 15 kW alınmıştır. Toprak ısı değiştiricisinden buharlaştırıcıya giren ısıtma suyu sıcaklığı 10°C, ve ısıtılan ortam sıcaklığı 25°C olarak kabul edilmiştir. Ayrıca kompresörün izantropik verimi η_{is}=0.80, elektrik motor verimi η_{elek}=0.90, mekanik verimi η_{mek}=0.90 alınmıştır.

Tablo 1. Analiz edilen ısı pompası çevriminin çeşitli noktalarındaki termodinamik özellikleri.

| Akış No | Sıcaklık (°C) | h (kJ/kg) | m (kg/s) |
|---------|---------------|-----------|----------|
| 1 | 10 | 1470.525 | 0.012 |
| 2 | 126 | 1712.932 | 0.012 |
| 3 | 55 | 459.932 | 0.012 |
| 4 | 10 | 459.932 | 0.012 |

Tablo 2 ısı pompası çevriminin sistem elemanlarının kapasite ve ısıtma tesir katsayısı değerlerini göstermektedir. Isı pompası sisteminin kompresör işi 3.591 kW olup, ısıtma tesir katsayısı ise 4.177 dir.

Tablo 2. Isı pompası çevriminin sistem elemanlarının kapasite ve ısıtma tesir katsayısı değerleri.

| | NH ₃ |
|-----------------|-----------------|
| Q_{buh} (kW) | 12.127 |
| $Q_{yoğ}$ (kW) | 15 |
| W_{komp} (kW) | 3.591 |
| COP_{IP} | 4.177 |

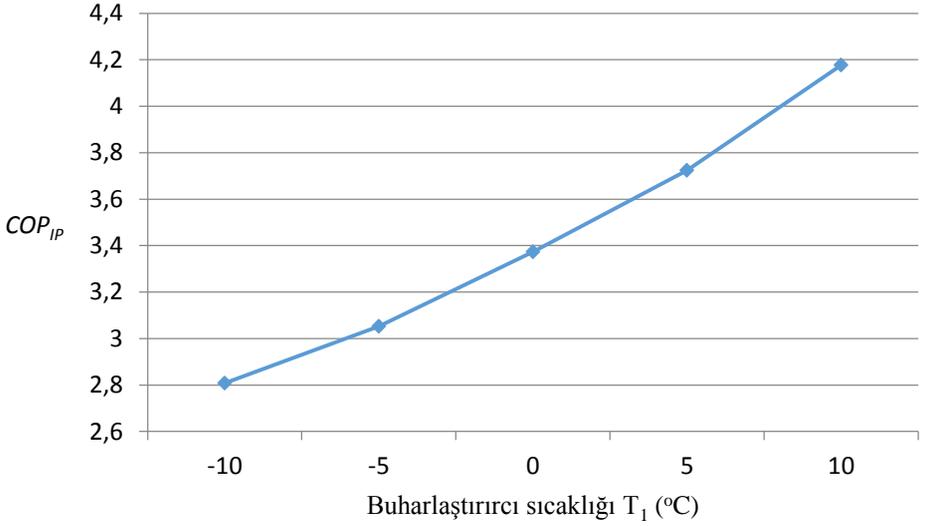
Soğutma mevsimi analizi:

Toprak kaynaklı ısı pompasının soğutma mevsimli analizinde soğutma yükü ısıtma yükünün 1.25 katı (Çamdalı ve Tunçer, 2010) olarak alınarak yapılan analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre sistemin soğutma tesir katsayısı (COP) 3.379 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. Isı pompası çevriminin sistem elemanlarının kapasite ve soğutma tesir katsayısı değerleri.

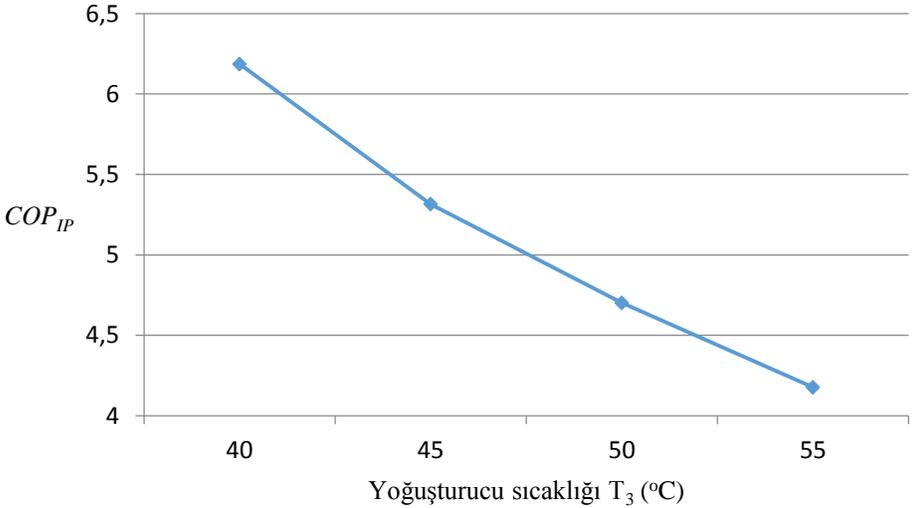
| | NH ₃ |
|-----------------|-----------------|
| Q_{buh} (kW) | 18.75 |
| $Q_{yoğ}$ (kW) | 23.245 |
| W_{komp} (kW) | 5.549 |
| COP | 3.379 |

Buhar sıkıştırırmalı toprak kaynaklı ısı pompası çevriminin ısıtma mevsimi olmak üzere değişken parametrelerinden olan farklı buharlaştırıcı (T_1) ve yoğuşturucu (T_3) sıcaklıklarına göre teorik olarak analizi yapılmıştır. Şekil 4'ten buharlaştırıcı sıcaklığı arttıkça çevrimin COP_{IP} değerinin de artmakta olduğu görülmektedir ($T_{yoğ}=T_3=55^\circ\text{C}$ ve ısıtma yükü 15 kW).



Şekil 4. COP_{IP} 'in farklı buharlaştırıcı (T_1) sıcaklıklarına göre değişimi.

Yoğuşturucu sıcaklığı arttıkça çevrimin etkinlik katsayısı (COP_{IP}) beklendiği gibi azalmaktadır ($T_{buh}=T_1=10^\circ\text{C}$ ve ısıtma yükü 15 kW). En yüksek COP_{IP} , $T_3=40^\circ\text{C}$ sıcaklığında elde edildiği Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 4. COP_{IP} 'in farklı yoğuşturucu (T_3) sıcaklıklarına göre değişimi.

Toprak kaynaklı ısı pompası çevriminin ısıtma mevsimi olmak üzere en uygun olan soğutucu akışkanları belirlemek amacıyla çevre dostu olan Hidrokarbonlar (HC), karışım ve inorganik soğutucu akışkanlar seçilerek bunların aynı çalışma koşullarındaki ($T_{buh}=T_1=10^{\circ}\text{C}$, $T_{yog}=T_3=55^{\circ}\text{C}$ ve ısıtma yükü 15) karşılaştırmaları yapılmıştır. Analizde NH_3 , R-134a, R404A, R410A, R407C, R290 ve R600a soğutucu akışkanların kullanıldığı kabul edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sistemde R-404A kullanım durumunda kompresör işi en yüksek olup, bunu R-410A, R-407C, R290, R-134a ve R600a takip etmektedir (Tablo 4). En küçük kompresör işi de NH_3 kullanım durumunda elde edilmektedir. Bu sonuçlara bağlı olarak en iyi performansı yine NH_3 göstermektedir.

Tablo 4. Analiz edilen çevrimlerin sistem elemanlarının kapasite ve ısıtma tesir katsayısı değerleri.

| | NH_3 | R600a | R-134a | R290 | R407C | R410A | R404A |
|-----------------------|---------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| $Q_{buh}(\text{kW})$ | 12.127 | 12 | 12 | 11.8 | 11.7 | 11.4 | 11.2 |
| $Q_{yog}(\text{kW})$ | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| $W_{komp}(\text{kW})$ | 3.591 | 3.785 | 3.938 | 3.948 | 4.060 | 4.427 | 4.736 |
| COP_{IP} | 4.177 | 3.963 | 3.809 | 3.799 | 3.695 | 3.388 | 3.167 |

3. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada buhar sıkıştırımlı toprak kaynaklı bir ısı pompasının ısıtma mevsimi için alternatif soğutucu akışkanlarda termodinamik analizi yapılmıştır. Aynı çalışma koşullarında NH_3 , R-134a, R404A, R410A, R407C, R290 ve R600a soğutucu akışkanların kullanıldığı kabul edilerek karşılaştırmaları yapılmıştır. Sistemde R-404A kullanım durumunda kompresör işi en yüksek olup, R-410A, R-407C, R290, R-134a ve R600a takip etmektedir. En küçük kompresör işi de NH_3 kullanım durumunda elde edilmektedir.

Toprak kaynaklı ısı pompası çevriminin farklı buharlaştırıcı (T_1) ve yoğuşurucu (T_3) sıcaklıklarına göre yapılan analize göre; buharlaştırıcı sıcaklığı arttıkça çevrimin COP_{IP} değeri artarken yoğuşurucu sıcaklığı arttıkça çevrimin COP_{IP} değerinin azaldığı görülmektedir.

Bu çalışmada buhar sıkıştırımlı toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde alternatif soğutucu akışkanların kullanıldığı kabul edilerek analizi yapılmış ve bu sistemler için alternatif soğutucu akışkanların kullanılması önerilmektedir. Doğal kaynakları kullanan ısı pompası sistemlerinde akışkan olarak alternatif soğutucu akışkanların kullanılmasıyla daha ekonomik ve çevre korumalı mahal ısıtma ve soğutma yapılabilmektedir. Bu sistemlerin kullanımının giderek

yaygınlaşması sağlanarak konfor, enerji ekonomisi ve çevre koruması mümkün olabilmektedir.

4. Semboller

| | |
|-----------|---------------------------------|
| h | Entalpi [kJ/kg] |
| \dot{m} | Kütleli debi [kg/s] |
| \dot{Q} | Isıl güç [kW] |
| Sgv | Soğutkan genişleme valfi |
| T | Sıcaklık [$^{\circ}\text{C}$] |
| \dot{W} | İş [kW] |
| L | |
| M | <i>Alt indisler</i> |
| buh | Buharlaştırıcı |
| \dot{c} | Çıkış |
| \dot{g} | Giriş |
| komp | Kompresör |
| yoğ | Yoğuşturucu |

5. Kaynaklar

Aydın, M., Şişman, A., Dinçer, Ş., Erdoğan, C. ve Gültekin, A. (2013). Toprak kaynaklı ısı pompalarında ısıl cevap testi ve kuyu performansının analitik öngörüsü. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.

Özgür, A.E., Kabul, A. ve Bayrakçı, H. (2015). CO₂Akışkanlı ısı pompası sistemlerinin mahal ısıtma amaçlı kullanımı. TESKON 2015 / Soğutma Teknolojileri Sempozyumu.

Çakır, U. Ve Çomaklı, K. (2011). Hava kaynaklı bir ısı pompasının farklı çalışma şartları altında termodinamik performans analizi. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.

Çengel, Y.A. ve Boles, M.A., (1996). Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, 2. Basım, Derbentli, T., McGraw-Hill/Literatür:Yayıncılık.

Erdoğan, S., Yılmaz, M., Şahin, B. ve Özyurt, Ö. (2006). Isı pompası sistemlerinin seçimi. Tesisat Mühendisliği Dergisi Sayı: 92, s. 40-49.

Çavuş, D. ve Usta, H. (2015). Evaporatörü direct güneş destekli ısı pompasının tasarımı, imalatı ve performans deneyleri. Gazi University Journal of Science GU J SciPart C 3(3):535-544.

<http://www.boray.com.tr/>.

<http://www.omektron.com/heatpump.html>

Özcan, H. ve Arcaklıoğlu, E. (2011). Alternatif soğutucu akışkanlar olarak çevre dostu hidrokarbonların kullanılması üzerine bir

değerlendirme. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Turkey.

Onat, A., İmal, M. ve İnan, T. (2004). *Soğutucu akışkanların ozon tabakası üzerine etkilerinin araştırılması ve alternatif soğutucu akışkanlar*. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 7(1).

Doğan, B., Yalçınkaya, C. ve Balcı, M. (2016). Kırıkkale ilinde bulunan olimpik yüzme havuzunda su ısıtma için toprak kaynaklı ısı pompası kullanımı. *Mühendis ve Makine Dergisi* Cilt 57, Sayı 681, s. 38-48.

Yamankaradeniz, R., Horuz, İ. Ve Çoşkun, S. (2002). *Soğutma Tekniği ve Uygulamaları*. Bursa: Vipaş A.Ş., Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı.

Çamdalı, Ü. ve Tunçel, E. (2010). Bolu ve çevresi için toprak kaynaklı ısı pompası sistem analizi: Ekonomik yaklaşımla Cilt 51, Sayı 604.

ISI POMPALI VE ISI BORULU GÜNEŞ KOLEKTÖRLÜ İKİ AYRI SİSTEMİN ORTAK KULLANILDIĞI BİR KURUTMA SİSTEMİNİN TASARIMI

Design of a Drying System in Which Two Separate a Heat Pump and a Heat Pipe Solar Collector are Used a Common

Hikmet DOĞAN* & Hüseyin BUDAGOV**

1.Giriş

Gün geçtikçe artan enerji tüketimi ve azalan fosil yakıtlar yenilenebilir enerji alanındaki çalışmalara hız vermiştir. Bunun yanında; fosil yakıtlardan geleneksel usullerle enerji temin etme yöntemleri, çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Ayrıca, fosil yakıtların bilim adamları tarafında 40-50 yıl sonra tükenebileceği de ifade edilmektedir. Endüstriyel faaliyetler sonucunda her yıl atmosfere yaklaşık 20 milyar ton karbondioksit, 100 milyon ton kükürt bileşikleri, 2 milyon ton kurşun ve diğer zehirli kimyasal atıklar salınmaktadır (Kadioğlu & Tellioglu, 1996). (1) Sadece bir evin enerji ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinin kullanılması ile havaya atılan CO₂ miktarının yılda 750 kg azaldığı ifade edilmektedir (Viessmann, 1997). (2)

Türkiye’de toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 40’ı konutlarda kullanılmaktadır. Yani bu da; konutların ısıtılması, soğutulması ve aydınlatılması için tüketilen toplam enerjinin üçte birinden daha fazlasını kapsıyor demektir. Türkiye’de binalar için yıllık enerji maliyeti 14 milyar dolardan daha fazladır. Bunun altını çizerek söylemek gerekir ki; Türkiye’de binaların yüzde 85’inde ısı yalıtımı olmadığından, her yıl 13,5 milyar TL boş yere israf edilmektedir.¹

Yukarıda belirtilen problemlerden dolayı; Türkiye’nin enerji açığını kapatabilmek için, her yıl geçtikçe yenilenebilir enerji kaynaklarının pay ve üretim oranları artırılmaya çalışılmaktadır².

Bitkisel üretim istatistiklerine göre; Türkiye’de 2015 yılında 65,5 milyon ton tahıl, 29,6 milyon ton sebzeler ve 17,8 milyon ton da meyve üretilmiştir. Üretilen bu ürünlerin büyük çoğunluğu kurutulmuş uzun vadeli bozulmadan muhafaza edilmektedir.³ Bu rakamlardan da anlaşılacağı gibi; Türkiye, kurutulmuş meyve ve sebze konusunda dış satımı (ihracatı) büyük olan bir ülke konumundadır. Dünyada ticareti

* (Prof. Dr.); Gazi üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji sistemleri mühendisliği

** Gazi üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi

¹ <http://enerjienstitusu.com/2012/10/31/turkiyenin-enerji-israfi-6-bakanligin-butcesinden-daha-fazla/> Enerji Enstitüsü.

² <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> Çevre ve Enerji, Enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları

³ <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18706> Türkiye İstatistik Kurumu, T.C.Gıda, Tarım ve Hayvancılık bakanlığı.

yapılan kurutulmuş meyve ve sebzelerin % 90'ından fazlası, kontrollü şartlarda, sıcak ve soğuk havada kurutularak piyasaya arz edilmektedir.

Kurutmanın gerçekleşmesi için, kurutma sisteminin, kurutma kapasitesine göre, değişik miktarlarda enerjiye ihtiyaç vardır. İhtiyaç duyulan bu enerji elektrik, fosil yakıtlar ve diğer alternatif enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Türkiye'de kurutulacak meyve ve sebzeler milyon tonlar olduğu için, kurutmaya harcanan enerji de çok büyük meblağlara ulaşmaktadır.

Mevcut elektrik üretim sistemleri (hidroelektrik santralleri) ve fosil yakıtlarla üretilen enerji sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri pahalı olduğundan, maliyet miktarları kurutulan ürünlerin fiyatlarına da yansımaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada da, tarafımızdan, alternatif enerji elde etme sistemlerinden; Isı Borulu Güneş Kolektörlü Sistem ile Isı Pompalı Sistemin birlikte ve ayrı-ayrı kullanılabiliceği bir bileşik sistemin yapılması düşünülmüştür.

Bu tür sistemlerde; kurutma şartları (bağıl nem, hava hızı ve sıcaklık) dikkate alınarak, ihtiyaca göre gerekli ayarlamalar yapılırsa; kurutmada harcanan enerji miktarı düşürülebilir. Ayrıca kurutulan ürün çevre kirliliği ve güneş ışınlarının doğrudan etkisinde kalmadığından, tabiliği (natüreliliği) ve görünümü de bozulmamış olur.

2. Literatür tarama

İnsanoğlu ta baştan beri değişik şekillerde kurutma yapmıştır. Teknoloji geliştikçe ve şartlar da değiştikçe çok değişik şekillerde kurutma usulleri geliştirilmiştir. İnsanlar başta ihtiyacı olan ürünleri daha uzun süre kullanabilmek için, doğrudan tabii olarak güneş ışınlarının etkisi altına bırakarak kurutma işlemlerini yapmışlardır. Bu tür kurutmalarda ürünün çevre kirliliğinin etkisinden kurtulması ve kurutma süresinin kısaltılması, görünüm ve tadının bozulmaması gibi sebeplerden dolayı, daha teknik kurutma metotları uygulamaya başlanılmıştır.

Kurutma işi ile uğraşanlar, yukarıda saydığımız mahzurlardan dolayı, değişik kontrollü kurutma sistemleri geliştirmişlerdir. Bunlardan bazıları aşağıda gösterilmiştir.

Yahya ve ark. (2016) GD ve GDIP kurutma sisteminin performanslarını karşılaştırmışlardır. Deney sonucunda GD kullanılan kurutma yoluyla Manyok'un kurutulması 13 saat içinde 30,8 kg.dan 17,40 kg.a düştüğü halde, GDIP sisteminde ise aynı deney 9 saat içinde 30,8 kg.dan 17.40 kg.a düşmüştür.

Jiubing ve ark. (2018) çift modla (tek kademeli ve kademeli döngülü) çalışan bir kurutma sistemi tasarlamışlar. Tasarlanan sistemin fizibilitesini doğrulamak ve kurutma uygulaması için bir ısı pompası prototipi geliştirmişler.

Ahmad. F ve ark. (2015) yaptıkları deney sonucunda, güneş kolektörlü ve ısı pompalı kurutma sistemi için verimlilik sırasıyla yaklaşık % 31 ve % 19 olduğunu hesaplamışlar ve özgül nem çekme miktarını (SMER) da 0,29 kg/kWh olarak bulmuşlardır.

Yu Qiu ve ark. (2016) çoklu modla (GD, GDIP ve IP) çalışan bir kurutma sistemi tasarlamışlar ve her bir mod için karşılaştırma yapmışlardır. Karşılaştırma sonucu aynı miktardaki turpu kurutmak için gerekli süre IP modunda 10 saat, GDIP modunda 8 saat ve GD modunda ise 13 saat olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca, IP, GDIP ve GD modunda SMER değerleri, sırasıyla 0.822, 1.445 ve 1.673 olarak bulunmuştur.

Ronak ve ark. (2010) tasarladıkları sistemin çalışma sonuçlarına dayanarak bu sistemlerin COP'sinin konvansiyonel ısı pompalı kurutuculardan çok daha iyi olabileceğini ve ayrıca ürünlerin kalitesinin de daha iyi olacağını ifade etmişler.

Ceylan ve Gürel (2016) yaptıkları deneysel çalışmada ısı pompası sistemi için ortalama COPws değeri 5, güneş hava ısıtma kolektörü ve parabolik kolektör için HCOP'nin ortalama değerlerini ise sırasıyla 14 ve 7 olarak hesaplamışlardır.

Hawlder ve ark. (2003) yaptıkları simülasyon sonucu sistemin COP ve güneş fraksiyonları SF (solar fractions) değerlerini incelemişlerdir. Ayrıca (evaporatör) kolektörü için 0,80 hava kolektörü için 0,77'lik bir verim elde edildiğini ifade etmişler.

Zheng ve ark. (2017) ısı pompasının ısıtma performansına etkili parametrelerine ait analizler yapmışlar.

Mohanraj ve ark. (2018) GDIP sistemleri ile ilgili bildirilen önemli araştırmaların çoğunu incelemişler. Güneş enerjisinin ısı pompası sistemleri ile uyumluluğunu geleneksel enerji kaynaklarının tüketiminde ve çevresel etkilerinin azaltılmasında hayati bir rol oynadığını belirtmişlerdir.

Yukarıdaki ulaşılabildiğimiz çalışmalar göstermiştir ki, bu konuda farklı-farklı kurutmaya yöntemleri gelişmiştir. Bu çıkıştan yola devam ederek biz de enerji verimliliğini gözde bulundurarak, sağlıklı, çevreye hasarı olmayan ve kaliteli bir kuru ürünü elde edebileceğimiz bir kurutma sistemi tasarladık.

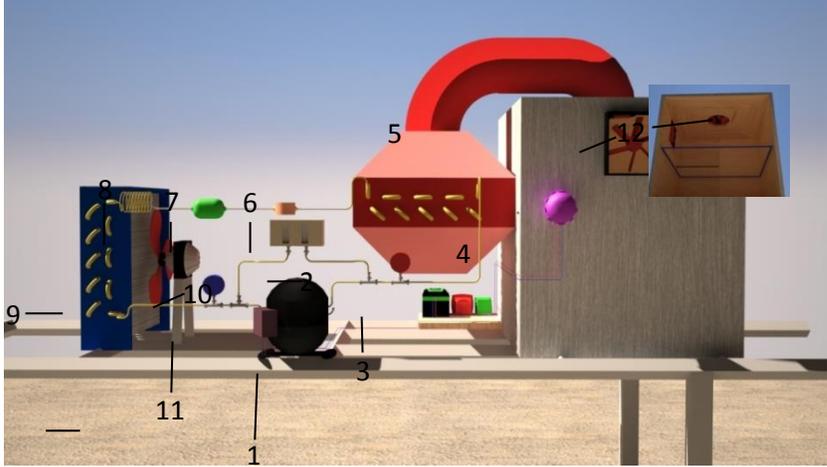
3.Kurutma sistemi

Kurutma sistemlerinde havanın sıcaklığı, hızı, bağıl nemi, kurutma hücresinin diğer değişkenleri gibi faktörler önem taşıyorlar. Bir konutun veya mahalın ısıtılması o mahalde veya o konutta olan ısı kayıplarını karşılamak anlamına gelmektedir. Yukarıda belirttiğimiz gibi tüketilen toplam enerjinin 1/3'ünden fazlası sadece konutlarda tüketiliyor. Günümüzde su ısıtma amacıyla kullanılan güneş kolektörlerinin piyasada bazı uygulama örnekleri bulunmaktadır.

Bu çalışmada alternatif enerji sistemi ile sıcak hava üretimi yapan Şekil 1. ve Şekil 2.'deki gibi GD ve IP bir sistem tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımda amaç; güneşli zamanlarda güneş enerjisini, güneş olmayan zamanlarda ise ısı pompasını veya her iki sistemi birlikte kullanarak kabinde bulunan ürünün kurutulmasına yönelik sistem yapmaktır. Yapılan tasarım bulunan güneş kolektörü ve ısı pompası birbirinden bağımsız iki sistem olarak tasarlanmıştır.

3.1 Isı pompasının sisteme uygulanişı

Isı pompasının kurutma kabinine uygulanişı Şekil 1.'de gösterilmiştir.

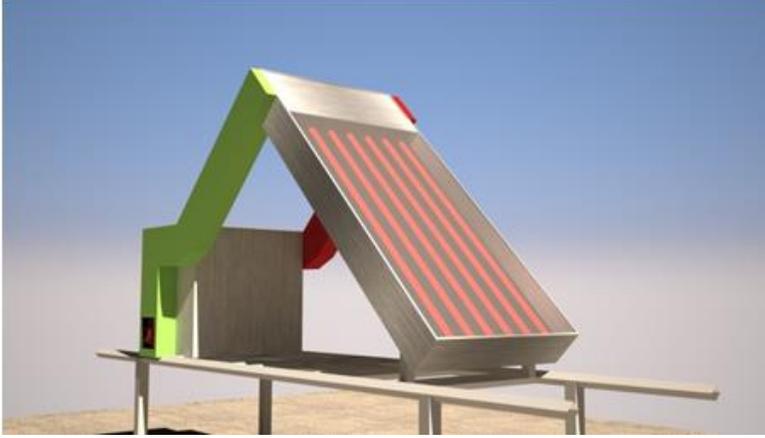


| | | | |
|------------------|----------------------------|-------------------|--------------------------------|
| | 1. Kompresör | 5. Boru | 9. Buharlaştırıcı (Evaporatör) |
| | 2. Prosestat | 6. Gözetleme | camı |
| | 3. Yüksek basınç manometre | 7. Fitler | |
| | 11. Alçak basınç manometre | 8. Kılcal | |
| | 4. Yoğuşturucu (Kondenser) | 12. Fan kondenser | |
| 10. Besleme fanı | | | |
| drier | | | |
| boru | | | |

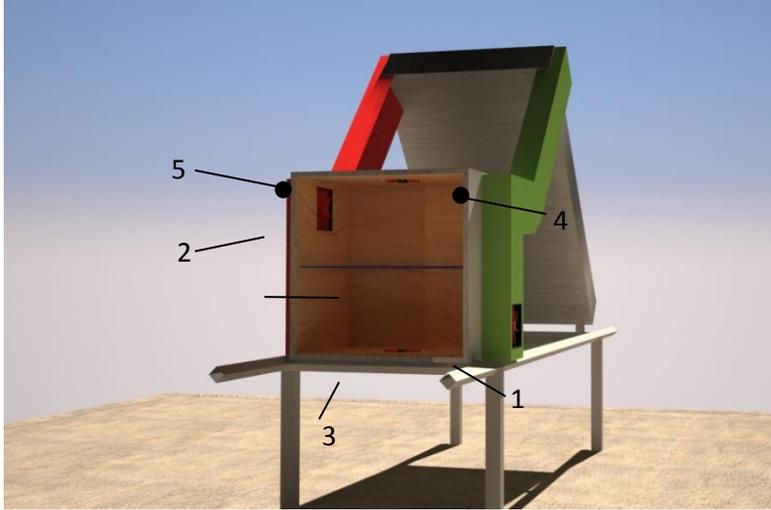
Şekil 1. Isı pompasının kurutma kabinine uygulanişı

Deney düzeneğinde hava kaynaklı ısı pompası kullanılmıştır. Şekil 53.'de görüldüğü gibi çevredeki havayı besleme fanı buharlaştırıcıya iletir, sırasıyla buharlaştırıcı çevre havasından aldığı buharlaşma gizli ısısı ile soğutkanı buharlaştırır. Kompresör oluşturduğu basınçla buharlaştırıcı tarafından emilen ısı yüklü akışkanı yoğuşturucuya (kondenser) taşır. Yoğuşturucuda (kondenser) ısınmış halde gelmiş olan akışkan yoğuşma gizli ısısını sistem havasına atarak tekrar buhar fazından sıvı fazına geçer ve döngü bu şekilde devam eder. Bu şekilde ısınmış olan hava, kanala bağlanmış olan fan sayesinde kanaldan kabindeki kurutulacak olan ürünün üzerine aktarılır.

3. ve 4.'de ısı borulu güneş kolektörünün kabine bağlantısı 3 boyutlu olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. Isı borulu güneş kolektörünün kabine uygulanişı



- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Besleme havası | 4. Giriş havası sıcaklık ölçüm noktası |
| 2. Kabine giriş havası | 5. Çıkış |
| havası sıcaklık ölçüm noktası | 3. Atık hava |

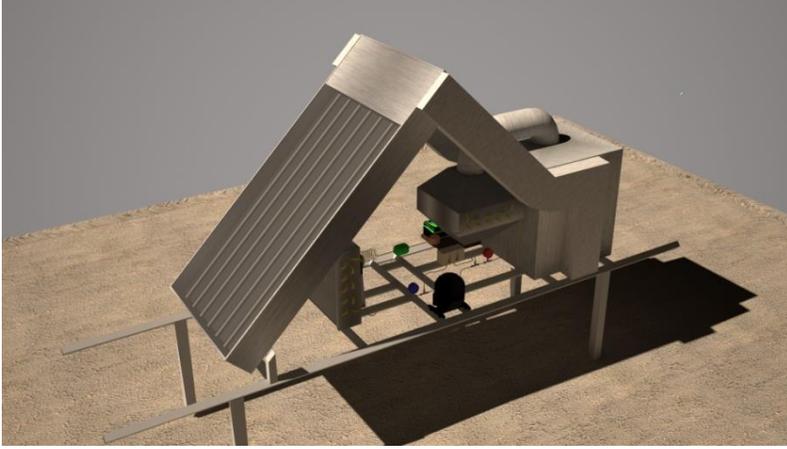
Şekil 4. Isı borulu güneş kolektörünün kabine uygulanişı.

IBGK'nün besleme hava giriş kanalına ve kabine giriş hava kanalına sıcaklık ölçüm noktaları açılarak ölçme işlemleri için kolaylık sağlanmıştır. Bu kanallar sayesinde IBGK'üne giren ve çıkan havanın özellikleri (hızı, sıcaklığı, nemi) ölçülecektir. Ayrıca IBGK yüzeyine gelen ışınım değeri, kabin içerisindeki hava sıcaklığı ve kabinden dışarı

çıkan atık havanın sıcaklıkları da Termokupl ve Solarimetre ile ölçülmesi düşünülmüştür

3.3 Isı Borulu Güneş Kolektörlü ve Isı Pompalı Kurutma Sisteminin Tasarımı

Bu çalışmanın yapılmasında temel amaç ısı borulu güneş kolektörlü ve ısı pompalı kurutma sisteminde çeşitli nemli ürünlerin kurutulmasının istenilen iklim şartlarında uygulanabilirliğinin ve çalışma süresinin sürekliliğinin teorik ve deneysel olarak araştırılmasıdır. Bunun için tasarımı yapılan sistemde Isı borulu güneş kolektörü ve ısı pompası birbirine bağlı olmadan bir kabinde bütünleşerek kurutma işlemi yapacak şekilde tasarlandı. Isı borulu güneş kolektörlü ve ısı pompalı kurutma sisteminin son hali Şekil5.'de 3 boyutlu olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. Isı borulu güneş kolektörlü ve ısı pompalı kurutma sisteminin 3 boyutlu görünüşü

Şekil5.'de görüldüğü sistemde ısı borulu güneş kolektörünün ve ısı pompasının birlikte çalışmasına olanak sağlanmıştır. Güneşsiz havalarda güneş kolektöründen alınan ısı yeterli kadar olmayınca ısı pompasını devreye geçirtebiliriz.

Sistemde kullandığımız ekipmanlar Çizelge birde özellikleri ile birlikte gösterilmiştir.

Çizelge 1. Sistemde Kullanılan Ekipmanlar ve Özellikleri

| Sistemde Kullanılan Ekipmanlar | | |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| No | Kullanılan Ekipman | Teknik Özellikler |
| 1 | Kompresör (Ekovat) | 208-220v; R134a; 1/4 HP. |
| 2 | Yoğuşturucu (Kondenser) | Karyer. 1/2 HP kondenser. |
| 3 | Buharlaştırıcı (Evaporatör) | Karyer. 1/2 HP kondenser. |
| 4 | Gözetleme camı | RSG model, HCFC/HFC |

| | | |
|----|------------------------|----------------------------------|
| | | akışkanlar. |
| 5 | Filter drier | 5"X2-1/2" '04-00197' |
| 6 | Kılcal boru | Bakır boru, çap mm |
| 7 | Prosestat | Ranco 'o17h6705108' |
| 8 | Güneş kolektörü | 55cm x 130cm x 12cm. Isı borulu. |
| 9 | 2 adet büyük fan | 220V; 50hz;40watt |
| 10 | 2 adet bilgisayar fanı | 220v, 2700 Rpm, 120*120*38mm |

4. Enerji Analizi

Tasarlanan sistemde enerjinin kullanımı ile ilgili enerji analizleri işlemleri aşağıdaki gibi yapılabilir. Yapılacak olan analizler sonucunda sistemin verimliliği, SMER değeri, COP değeri ve kurutulacak ürün için gerekli olan enerji miktarını bulunabilir.

$SMER_{sd}$, üründen 1kg su çekebilmek için güneşli kurutucuda kullanılan enerjisi tanımlar ve aşağıdaki eşitlik ile tarif edilir;

$$SMER_{Gk} = \frac{\dot{m}_{sd}}{\dot{W}_F}$$

Yoğuşturucu sıcaklığı (T_Y) ile buharlaştırıcı sıcaklığı (T_B) arasında ideal soğutma çevrimi olan Carnot çevrimiyle maksimum ısıtma tesir katsayısı hesaplanır;

$$COP_{c,h} = \frac{T_Y}{T_Y - T_B}$$

Normal bir uygulama için enerji tüketimi sistemde ısı pompasının kompresöründe olur ama diğer ekipmanlar da (fan, pompa vb) söz konusu olabilirler.

Bir ısı pompası sisteminin COP_{hp} sı yani ısıtma tesir katsayısı aşağıdaki denklemle hesaplanır;

$$COP_{hp,h} = \frac{\dot{Q}_Y}{\dot{W}_k}$$

Eğer bütün sistemdeki tüketim ekipmanlar için ısıtma tesir katsayısı $COP_{w,h}$ hesaplamalı olursak aşağıdaki denklemi kullanacağız;

$$COP_{w,h} = \frac{\dot{Q}_Y}{\dot{W}_k + \dot{W}_F}$$

Kurutma uygulaması zamanında kurutma kabiniinde enerjinin kullanım oranı ise aşağıdaki denklemle çıkarılır;

$$EUR_{dc} = \frac{\dot{m}_{ia} \cdot (h_{ia} - h_{aa})}{\dot{m}_{ia} \cdot C_p \cdot (T_{ia} - T_{aai})}$$

Özgül nem çekme oranı olan SMER kurutma sistemlerinde 1kg oranında olan suyu kaldırmak için gereken enerji miktarıdır ki aşağıdaki denklemle hesaplanır;

$$SMER_{Ip} = \frac{\dot{m}_d}{\dot{W}_k}$$

Tüm sistem için SMER değeri ise ;

$$SMER_{T,S} = \frac{\dot{m}_d}{\dot{W}_k + \dot{W}_1}$$

denklemleri ile hesaplanır.

5. Sonuç ve Öneriler

Ürünün kurutulmasında çevre kirliliği, kuruma süresinin kısaltılması ve enerji tasarrufu göz önüne alınarak bu teorik çalışma yapılmıştır. Bu teorik çalışmada güneşli ve güneş olmayan zamanlar için ikili bir sistem düşünülmüştür. Sistemin çalışma şekli dikkate alınarak enerji analizinin nasıl yapılması gerektiği de belirtilmiştir. Güneş olmadığı zaman ısı pompasının, olduğu zamanlarda ise güneş kolektörünün kullanımı enerji verimliliği kazanarak masrafların aşağı inmesini sağlar. Tasarlanan sistemde ürünün kurutulması için enerji analizleri yapıldıktan sonra gerekli olan ısı enerjisi bulunarak ürün kurutulmasına başlanabilir. Ürün kurutulmasında alternatif enerji kullanım amaçlı ısı pompası ve güneş kolektörü kullanıldı. Tasarlanan bu sistem kurutmada kullanıldığı gibi havalandırma ve iklimlendirme sistemlerine de uygulanarak çalıştırılabilir.

Sonuç olarak söylemek gerekir ki, insanlar iklime bağlı olmadan istedikleri zaman ürün kurutulmasında bu tür sistemleri kullanabilirler. Ayrıca konutlarda bu tür ekonomik ısıtma sistemlerinin kullanılması büyük ölçüde enerji tüketimini azaltır ve ekonomiye büyük katkı sağlar. Bu tür sistemler tam otomatik devrelerle desteklenirse sistemin veriminin daha da artacağı kanaatindeyim.

Kısaltmalar ve Semboller

| | |
|-------------|--|
| GD | Güneş destekli kurutucu |
| GDIP | Güneş Destekli Isı Pompalı kurutucu |
| IP | Isı Pompalı kurutucu |
| \dot{Q}_Y | Yoğuşturucu gücü (kW) |
| \dot{m} | Soğutucu akışkan debisi (kg/s) |
| $SMER_{gk}$ | 1kg su buharlaştırmak için güneşli kurutucuda kullanılan enerji (kg/kWh) |

$SMER_{Ip}$ Isı pompalı sistem için SMER değeri

$SMER_{T,S}$ Tüm sistem için SMER değeri

COP Carnot çevriminin ısıtma tesir katsayısı.

$COP_{hp,h}$ Carnot çevrimine göre ısı pompasının ısıtma tesir katsayısı

COP_{wh} Carnot çevrimine göre bütün sistemin ısıtma tesir katsayısı

\dot{W}_K kompresör gücü (kW)

\dot{W}_F Fan gücü (kW)

Kaynakça

Ahmad, F., Kamaruzzaman, S., Alghoul, M. A., Mohd, H. R., & Mohd, Y. O. (2015). Performances and improvement potential of solar drying system for palm oil fronds. *Renewable Energy* , 561-565.

Ceylan, I., & Gürel, A. E. (2016). Solar-assisted fluidized bed dryer integrated with a heat pump for mint leaves. *Applied Thermal Engineering* , 899–905.

Hawlater, M., Chou, S., Jahangeer, K., Rahman, S., & Eugene Lau, K. W. (2003). Solar-assisted heat-pump dryer and water heater. *Applied Energy* , 185–193.

Jiubing, S., Ting, G., Yafen, T., & Ziwen, X. (2018). Design and experimental study of an air source heat pump for drying with dual modes of single stage and cascade cycle. *Applied Thermal Engineering* , 280–289.

Kadioğlu, S., & Telliöğlü, Z. (1996). ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMI VE ÇEVREYE ETKİLERİ. *TMMOB 1. ENERJİ SEMPOZYUMU* , 55-56.

Mohanraj, M., Belyayev, Y., Jayaraj, S., & Kaltayev, A. (2018). Research and developments on solar assisted compression heat pump systems – A comprehensive review (Part A: Modeling and modifications). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 90-123.

Ronak, D., Mohd, H. R., Mohamad, Y. S., & Kamaruzzaman, S. (2010). Review of solar assisted heat pump drying systems for agricultural and marine products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 2564–2579.

Shaohua, Z., Chao, W., Yafeng, B., & Yong, W. (2017). Influential Parameters Analysis on Heating Performance of Heat Pump in Baking Process. *Procedia Engineering* , 810–817.

Viessmann. (1997). *Solar Energy* , 2-3.

Yahya, M., Fudholi, A., Hafizh, H., & Sopian, K. (2016). Comparison of solar dryer and solar-assisted heat pump dryer for cassava. *Solar Energy* , 606–613.

Yu, Q., Ming, L., Reda, H., Emam, H., Yunfeng, W., Xi, L., et al. (2016). Performance and operation mode analysis of a heat recovery and thermal storage solar-assisted heat pump drying system. *Solar Energy* , 225–235.

İMALAT SEKTÖRÜNDE ESNEK ÜRETİM UYGULAMASINA BİR ÖRNEK VE ALTERNATİF UYGULAMANIN KLASİK İMALAT MODELİNE GÖRE AVANTAJLARI

*An Example for the Application of Flexible Production System in
Manufacturing Industry and Advantages of Alternative System over
Conventional Manufacturing Model*

Hakan ÖNER & Gürel ÇAM

1.Giriş

Teknolojik yeniliklerin artan hızı, mamullerin piyasa ömürlerinin kısalması, karmaşık mamul yapıları, müşteri odaklı mamuller ve mamullerdeki çeşitlenme, yüksek üretim maliyetleri, artan satış riski ve piyasa dolgunluğu, üretimde daha az ama daha kaliteli insan gücüne talebin artması, uluslararası standartlara uygunluğun zorunlu hale gelmesi ve müşterilerin mamullerin kalitesine verdiği önemin artması gibi gelişmeler işletmeler üzerinde yoğun bir baskı oluşturmakta; rekabetçi bir ortam yaratmaktadır (İnceler, 1996). Rekabetçi ortamları kendi lehine çevirmek isteyen işletmeler üretim sistemlerinde bazı yenilikler yaparak yüksek kalite, düşük maliyet, düşük stok, esnek üretim hattı, otomasyon, mamul hattı organizasyonu ve bilginin etkin kullanımı gibi unsurları kullanarak yeni üretim ortamlarını şekillendirmektedirler (Erdoğan, 1995; Doğan, 1996).

İşletmelerin yukarıda sözü edilen unsurları etkili bir şekilde kullanması, piyasalarda meydana gelen ani değişimlere çevik bir şekilde anında cevap vermesi esnek üretim sistemleri (EÜS) ile mümkündür. Nitekim EÜS'nin temel karakteristiği sistemin mamul, makine, süreç ve miktar bakımından piyasadaki değişikliklere hızlı ve etkili bir şekilde uyum sağlayabilmesi olarak kabul edilen esnekliktir (Browne vd., 1984). EÜS'nin işletmelerde etkin bir şekilde kullanılmaya başlaması ile direkt işçilik ve genel üretim giderleri bakımından işletmelerin maliyet yapısı büyük ölçüde değişmiştir (Acar vd., 2007).

Bu çalışmada, öncelikle esnek üretim kavramı üzerinde durulacaktır. Daha sonra esnek üretim sistemlerinin tanımı ve özellikleri hakkında bilgiler verilecektir. Son olarak mevcut bir üretim uygulaması incelenerek bu uygulamaya alternatif olabilecek yeni bir üretim modeli sunularak mevcut sisteme karşılaştırmaları aktarılacaktır.

2. Esneklik Kavramı

Serbest piyasa ekonomisinin 1970'lerle birlikte dünya çapında içine düştüğü iddia edilen krizden, hangi araçları kullanarak çıkabileceği üzerine odaklanan tartışmalarda, "esneklik" kavramı giderek önem kazanmıştır. Bu tartışmalarda esneklik kavramı iş gücü piyasaları ve yeni üretim teknikleri olmak üzere ikili bir alanda ve anlamda kullanılmaktadır.

Esneklik, üretim sisteminin piyasadaki değişikliklere hızlı ve etkili bir şekilde uyum sağlayabilmesi ile ilgili bir kavramdır (Gupta,1993).

3. Esnek Üretim Sistemlerinin Tanımı ve Özellikleri

İşletmelerin değişen dünya düzeninde, pazarlardaki rekabeti ve değişimi algılayıp buna zamanında cevap verebilmesi, başta üretim sistemlerinin esnekliği olmak üzere işletmenin bütün birimlerinin bu esnekliğe sahip olması ile tam anlamı gerçekleşebilir. Bütün birimler değişen koşullara ayak uyduracak bir sisteme dâhil edilmelidir.

1992 yılında Drury esnek üretim sistemlerini, “Çeşitli türde parça üretebilen üretim makineleri, parçaların üretim makinelerine yerleştirilmesi ve tamamlanan parçaların bu makinelerden çıkartılarak başka makinelere takılmasını sağlayan ve tümü bilgisayar kontrolünde çalışan robotlar ve iş parçalarını bir üretim makinesinden diğerine taşıyan bantlardan oluşur” şeklinde tanımlamıştır (Drury, 1992).

Esnek üretim sistemlerinde amaç, küçük miktarlı ürün gruplarının üretiminin yüksek verimliliklerde gerçekleştirilmesidir. Üretim esnasında kalem değişikliklerinde meydana gelen zaman kayıpları minimuma indirilerek işçilik maliyeti üzerine binen israfların yok edilmesi ile pazarda küçük miktarda alım yapabilecek müşterilere de işletmelerin hitap etmesi sağlanmaktadır.

EÜS'nin başlıca özellikleri aşağıdaki gibidir (Coşkun, 1998):

- EÜS ürün çeşidi çok olan işletmelerde uygulanabilmektedir,
- EÜS aynı gruptan olup farklılık arz eden parçaları imal etmek amacıyla kullanılabilir (Tekin ve Atamak, 1997).
- Genel kullanım amaçlı makine-teçhizatı içermektedir, parçaları imal edebilmek için makine-teçhizatı küçük ölçekli değişiklikler yapılabilir.
- Mamul, yarı mamul ve hammadde otomatik bantlar üzerinde malzeme taşıyıcılarla hareket edebilmektedir.
- Genel kullanım amaçlı makine-teçhizat ve malzeme taşıma sisteminin kontrolü merkezi bir bilgisayarla yapılmaktadır.
- Çeşitli parçaların üretilmesi makineler üzerinde otomatik olarak gerçekleşen değişikliklerle sağlanabilmektedir.
- Üretimde insan müdahalesi en alt düzeye indirilmiştir.
- İşletmeye hammadde girişinden mamul çıkışına kadar tasarım, üretim, kalite kontrol gibi tüm işlemler otomasyona dayalı olarak bilgisayarlar aracılığıyla yapılmaktadır (Tekin ve Atamak, 1997).

4. Mevcut Üretim Uygulaması

Otomotiv dünyasında yer edinen yüzlerce araç markası ve bu markaların birçok araç çeşidi mevcuttur. Yüzlerce çeşit ürün, birçok

müşteriye hitap etmekle birlikte giderek artan ihtiyaçlar ve yükselen teknoloji sayesinde ürün çeşitliliği de sürekli artmaktadır. Bu durum üreticiler arasındaki rekabeti her geçen gün daha da arttırmaktadır.

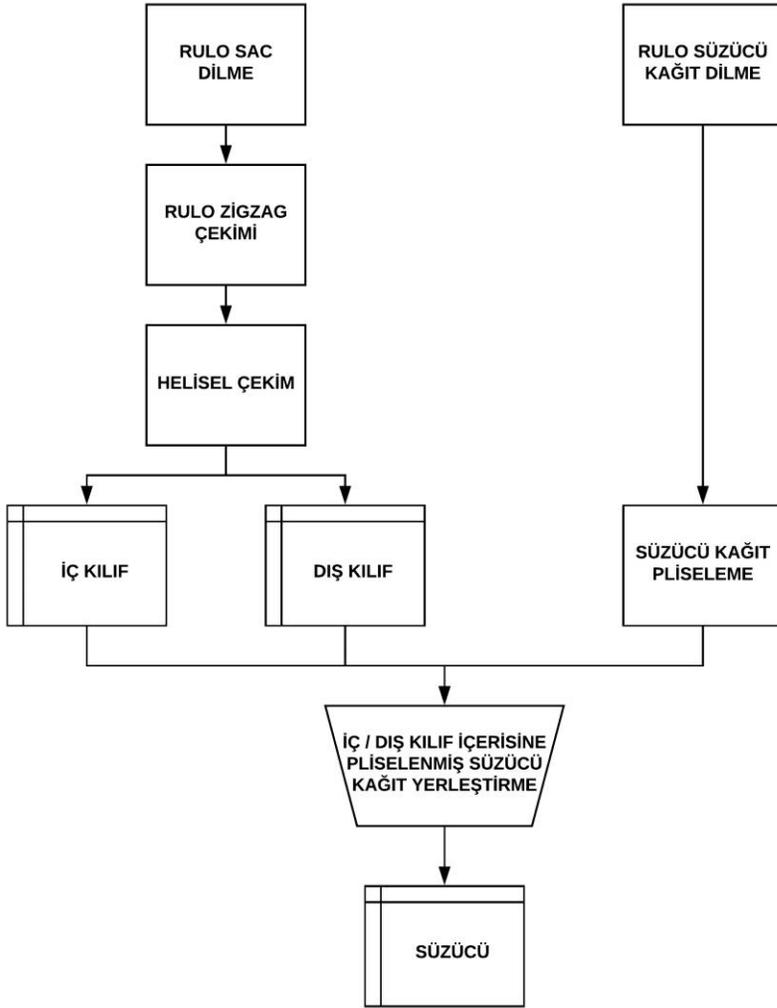
Üreticiler, artan rekabet ortamında var olabilmek için üretim sitelerinde esnekliğe ve otomasyona yönelmektedir. Bu yönelim sayesinde, üretim verimliliklerinde artış sağlayıp, minimum maliyetle ve azami insan gücüyle ürün üretmeye odaklanmışlardır. Böylece bu rekabetçi ortamda değişen müşteri isteklerine çevik bir şekilde cevap verip piyasa koşullarında konumlarını belirlemektedirler.

Bu çalışmada, esnek üretim uygulamasına örnek olarak, ağır iş makinelerinde ve kamyon tarzı araçlarda kullanılan hava filtresinin montaj üretim hattı incelenmiştir.

4.1. Mevcut Montaj Proses Girdileri

4.1.1. Yarı Mamul

Hava filtresi üretiminde, pliselenmiş süzücü kağıdın iki uç yan yüzeyine sıcak silikon malzemesi dökülerek yapıştırma işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra kağıt, dış kılıf içerisine iç kılıfta kağıdın içerisine yerleştirilerek süzücü yarı mamul üretimi gerçekleştirilmiş olur. Süzücü üretimindeki proses akış şeması Şekil 1’de verilmektedir. Yarı mamuller paletlerde istiflenerek montaj hattına sevk edilir.



Şekil 1. Süzücü Üretim Proses Akış Şeması

4.1.2. Sarf Malzemeler

Bu imalatta kullanılan sarf malzemeler poliüretan, plastik kalıp, yapıştırıcı tutkal ve ambalaj malzemeleri olup, montaj hattı üzerinde önceden belirlenmiş olan alanlara sevk edilir.

4.1.3. Makineler

4.1.3.1. Poliüretan Döküm Makineleri

Mevcut proses diziliminde iki adet poliüretan döküm makinesi mevcuttur. Makine yanına getirilen poliöl ve izosiyenat sıvıları öncelikle

makine üzerindeki haznelere aktarılır ve daha önce belirlenmiş olan oranlarda karışım sağlanacak şekilde makine ayarı yapılarak ve diğer ayarlar ile birlikte döküm makinesi hazırlık işlemleri tamamlanır.

Bu işlem ile montaj hattında filtrelerin alt ve üst kapaklarının üretimi hedeflenmektedir.

4.1.3.2. Yapıştırıcı Tutkal Döküm Makinesi

Sıcak döküm makinesi olarak da bilinen makine haznesine, yapıştırıcı hammadde granülleri dökülerek eritme işlemi başlatılır ve filtrenin boyuna ve kullanılacağı alana göre daha önceden belirlenmiş aralıklarda döküm yapabilmek için döküm başlıkları konumlandırılarak sabitlenir. Gerekli makine ayar işlemleri tamamlandıktan sonra döküm makinesi montaj prosesi için hazır hale gelir.

Bu işlem ile montaj işlemi gerçekleşmiş olan filtrenin kullanılacağı alanda maruz kalacağı hava basıncı nedeni ile süzme işlemini gerçekleştirecek olan pile aralıklarının sabit tutulması amaçlanmaktadır.

4.1.4. İnsan

Montaj prosesi esnasında çeşitli işlemlerde insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır.

4.2. Mevcut Montaj Hattı Proses Akışı

Bu çalışmada ambalaj ve sevkiyat prosesi incelenmemiş olup sadece üretim prosesi incelenmiştir. Montaj hattı proses akış şeması Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 2. Montaj Hattı Proses Akış Şeması.

Mevcut montaj hattındaki işlemler şunlardır:

1. Döküm İşlemi

Yarı otomatik döküm makinesi tablasına plastik kalıp yerleştirilir. Bu makinede çalışan operatör poliüretanın plastik kalıp içerisinde homojen dağılmasından ve daha önce belirlenmiş olan miktarda döküm gerçekleştirilmesinden sorumludur. Operatör döküm tablasından aldığı kalıbı kendi ekseninde eliyle çevirerek dağılımı sağlar ve döküm yapılmış kalıbı montaj bandına bırakır.

Süzücüye Mandal Takma

Operatör bir önceki proste palete dizilmiş olan süzücüyü alır ve iki adet mandalı süzücüye takar. Bu işlemde operatör süzücü kağıt ile kılıfların sabitlenmesinden ve masaya dizilmesinden sorumludur.

1. Kapatma ve Ağırlık Koyma

Operatör masadan aldığı mandal takılmış süzücüyü birinci döküm işleminden gelen poliüretan dökülmüş kalıba kapatır ve daha önce belirlenmiş ağırlıktaki tabakayı süzücü üzerine bırakır. Bu işlemde operatör süzücünün kalıp içerisine düzgün bir şekilde oturtulması ve ağırlık konulmasından sorumludur.

Kalıp Sökme ve Diğer Banda Aktarma

Birinci kapatma işlemi tamamlanmış olan filtrenin plastik kalıbını söker ve filtreyi ikinci döküm için diğer banda aktarır.

2. Döküm İşlemi

Yarı otomatik döküm makinesi tablasına plastik kalıp yerleştirilir. Bu makinede çalışan operatör poliüretanın plastik kalıp içerisinde homojen dağılmasından ve daha önce belirlenmiş olan miktarda döküm gerçekleştirilmesinden sorumludur. Operatör döküm tablasından aldığı kalıbı kendi ekseninde eliyle çevirerek dağılımı sağlar ve döküm yapılmış kalıbı montaj bandına bırakır.

2. Kapatma ve Ağırlık Koyma

Tek tarafı poliüretan dökülmüş ve birinci kapatma işlemi tamamlanmış olan filtreyi ikinci döküm işleminden gelen kalıp üzerine kapatır ve üzerine ağırlık bırakır. Bu işlemde operatör süzücünün kalıp içerisine düzgün bir şekilde oturtulması ve ağırlık konulmasından sorumludur.

Hot-Melt İşlemi

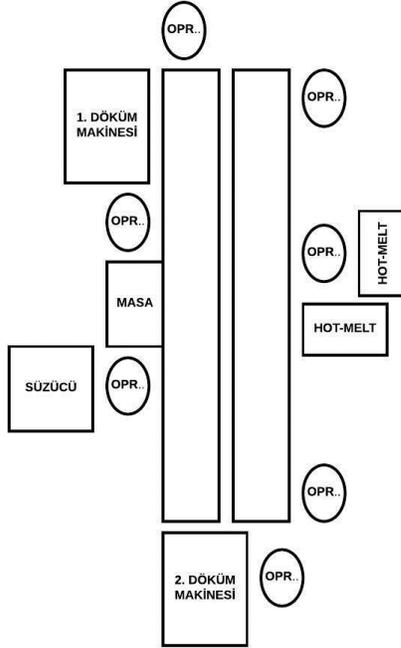
Operatör bantta ilerlen filtreyi alır Hot-Melt makinesine yerleştirir ve daha önce filtre boyuna ve çalışacağı ortama göre daha önce karar verilen aralıklarda şerit halinde döküm gerçekleştirir. Daha sonra filtreyi tekrar banda bırakır. Operatör bu işlemde döküm yapılan dairesel şeritlerin filtre etrafında tam tur dağılımının sağlanmasından ve görsel kontrolünden sorumludur.

Kalıp Sökme ve Ambalaj Bandına Sevk İşlemi

Banttın gelen filtrenin plastik kalıbını söker ve filtreyi ambalaj bandına sevk eder.

4.3. Mevcut Montaj Hattının Düzeni

Mevcut montaj hattının düzeni Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Mevcut Montaj Hattının Düzeni.

4.4. Örnek Mevcut Montaj Hattının Özellikleri

4.4.1. Birim Saniyeler, Kapasite ve Açıklamalar

Aşağıdaki çizelgeden görüleceği üzere (Çizelge 1), mevcut montaj hattı prosesi 8 kişi ve 8 işlemten meydana gelmektedir. En yüksek birim saniyeye göre hesaplanan günlük kapasite tek vardiyalı sistemde 1244 adettir. Kişi başına düşen üretim miktarı 155 adettir.

Çizelge 1. Mevcut montaj hattındaki birim saniyeler, kapasite ve kişi başına üretim adedi.

| İŞLEM | SANİYE |
|-----------------------|--------|
| 1. DÖKÜM İŞLEMİ | 14,57 |
| SÜZÜCÜYE MANDAL TAKMA | 1,05 |

| | |
|---|-------|
| 1. KAPATMA VE AĞIRLIK KOYMA | 6,58 |
| KALIP SÖKME VE DİĞER BANDA AKTARMA | 2,22 |
| 2. DÖKÜM İŞLEMİ | 23,15 |
| 2. KAPATMA VE AĞIRLIK KOYMA | 8,19 |
| HOT-MELT İŞLEMİ | 23,01 |
| KALIP SÖKME VE AMBALAJ BANDINA SEVK ETME | 13,15 |

| | |
|-------------------------------------|---------|
| BAZ ALINAN BİRİM SANİYE | 23,15 |
| BAZ ALINAN NET ÜRETİM SANİYE | 2880 |
| KAPASİTE | 1244,06 |
| MONTAJ HATTI ÇALIŞAN SAYISI | 8 |
| KİŞİ BAŞI ÜRETİM ADET | 155,51 |

Çizelge 2’den görüleceği üzere, mevcut montaj hattı prosesi 8 kişi ve 8 işlemten meydana gelmektedir. En yüksek birim saniyeye göre hesaplanan günlük kapasite tek vardiyalı sistemde 1244 adettir. Kişi başına düşen üretim miktarı 155 adettir.

Mevcut montaj hattı esnek üretim sistemine oldukça elverişli bir örnektir. Filtrelerin çeşitliliğine göre değiştirilecek alt ve üst kalıplar ile kısa bir süre içerisinde kalem değişikliği yapılabilmektedir. Poliüretan döküm makineleri döküm gramajı ayarlanması konusunda oldukça çeviktir. Bu nedenle günlük ortalama 10 adet farklı kalem üretimi gerçekleştirilebilir bir sistem mevcuttur.

Ancak 1. ve 2. proselerde meydana gelen poliüretan döküm işlemlerinde plastik kalıplar kullanılmakta olup bu kalıpların zamanla aşınarak veya çarpılarak şekil değiştirdiği gözlemlenmektedir. Bu durum ürün kalitesine zarar vermekte müşteri memnuniyetsizliklerine yol açmaktadır. Ayrıca 4. ve 8. proselerde plastik kalıp sökme işlemleri meydana gelirken poliüretan kapak yüzeylerinde hava kabarcık izleri meydana gelmektedir. Bu durum kalıpların yeterli sıcaklığa ulaşamaması ile kalıp içerisindeki havanın dışarıya aktarılamamasından dolayı meydana gelmektedir.

Çizelge 2. Mevcut montaj hattı prosesindeki işlemler ve bu işlemlerdeki çalışan işçi sayısı.

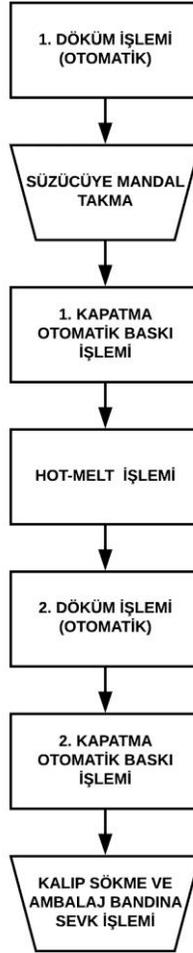
| İŞLEM | Kişi |
|--------------|-------------|
|--------------|-------------|

| | |
|---|---|
| 1. DÖKÜM İŞLEMİ | 1 |
| SÜZÜCÜYE MANDAL TAKMA | 1 |
| 1. KAPATMA VE AĞIRLIK KOYMA | 1 |
| KALIP SÖKME VE DİĞER BANDA AKTARMA | 1 |
| 2. DÖKÜM İŞLEMİ | 1 |
| 2. KAPATMA VE AĞIRLIK KOYMA | 1 |
| HOT-MELT İŞLEMİ | 1 |
| KALIP SÖKME VE AMBALAJ BANDINA SEVK ETME | 1 |

5. Alternatif Montaj Hattı

5.1. Alternatif Montaj Hattı Proses Akışı

Bu çalışmada ambalaj ve sevkiyat prosesi incelenmemiş olup sadece üretim prosesi incelenmiştir. Bu çalışmada geliştirilen alternatif montaj hattı proses akış şeması Şekil 4’te gösterilmektedir.



Şekil 4. Alternatif Montaj Hattı Proses Akış Şeması.

Alternatif montaj hattındaki işlemler şunlardır:

1. Otomatik Döküm İşlemi

Döner tabla hareketi ile döküm makinesi dökme bloğu önüne gelen metal kalıba poliüretan döküm işlemi sağlanır ve kalıp kendi ekseninde dönme hareketi yaparak poliüretanın kalıp yüzeyine eşit dağılması sağlanır. Bu işlemde operatör çalışmamaktadır.

Süzücüye Mandal Takma

Operatör bir önceki proseste palete dizilmiş olan süzücüyü alır ve iki adet mandalı süzücüye takar. Bu işlemde operatör süzücü kağıt ile kılıfların sabitlenmesinden ve masaya dizilmesinden sorumludur.

1. Kapatma ve Otomatik Baskı İşlemi

Operatör masadan aldığı süzücüyü döner tabla hareketi ile önüne gelen poliüretan döküm yapılmış metal kalıba kapatır.

Hot-Melt İşlemi

Operatör döner tabla hareketi ile önüne gelen filtreyi kalıptan söker ve Hot-Melt işlemini gerçekleştirdikten sonra tabla üzerinde belirlenen boşluğa bırakır.

2. Otomatik Döküm İşlemi

Döner tabla hareketi ile döküm makinesi dökme bloğu önüne gelen metal kalıba poliüretan döküm işlemi sağlanır ve kalıp kendi ekseninde dönme hareketi yaparak poliüretanın kalıp yüzeyine eşit dağılması sağlanır.

2. Kapatma ve Otomatik Baskı İşlemi

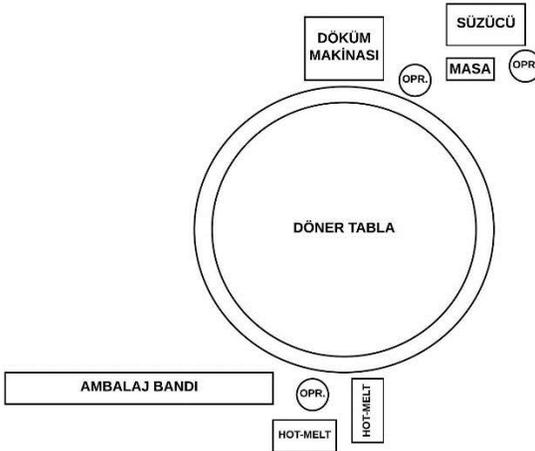
Operatör daha önce döner tabla üzerinde belirtilen boşluğa bırakılan filtreyi alır ve döner tabla hareketi ile operatörün önüne gelen poliüretan döküm yapılmış kalıba kapatılır. İkinci kapatma esnasında mandal takma işlemi olmadığından hatta transpalet ile süzücü istiflenmiş paletleri taşır.

Kalıp Sökme ve Ambalaj Bandına Sevk İşlemi

Operatör döner tabla hareketi ile önüne gelen filtreyi metal kalıptan söker ve ambalaj bandına sevkini gerçekleştirir.

5.2. Alternatif Montaj Hattının Düzeni

Alternatif montaj hattının düzeni Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5. Alternatif Montaj Hattının Düzeni.

5.3. Montaj Hattı Gereksinimleri

5.3.1. 24 İstasyonlu Döner Tabla

Tüm ürünler baz alındığında döküm süresi ortalama 20 saniye ve poliüretan katılma reaksiyonun tamamlanma süresi ortalama 7 dakika olması sebebi ile,

VIII. “7 x 60 / 23 =18,26”

IX. YAKLAŞIK 19 İSTASYON GEREKLİDİR. ANCAK FİLTRELERİN KALIPLARDAN RAHAT SÖKÜLEBİLMESİ İÇİN KALIP AYIRICI SIVISININ METAL KALIPLARA RAHAT BİR ŞEKİLDE UYGULANMASI ADINA 24 İSTASYON TERCİH EDİLMİŞTİR.

X. TABLA İSTASYONUNUN DÖKÜM BLOĞU ALTINDA BEKLEME SÜRE AYARI, TABLALARIN ISI AYARI, OTOMATİK BASKI SÜRE AYARI VE BASINÇ AYARI YAPILABİLİR OLMALIDIR.

Döner tabla üzerine metal kalıplar smed metodolojisine uygun bir şekilde montaj edilebilmesi için tasarımlarının bu metodolojiye uygun yapılması gerekmektedir. Ayrıca kalıpların ısıtılması için ısıtıcı rezistansların kullanılması gerekmektedir.

5.3.2. Tam Otomatik Poliüretan Döküm Makinesi

Metal kalıp, poliüretan döküm bloğu altına geldiğinde önceden belirlenmiş miktar kadar döküm yapabilecek otomasyona sahip olmalıdır.

5.3.3. Yapıştırıcı Tutkal Dökül Makinesi

Mevcut montaj hattında kullanılan Hot-Melt Makinesi kullanılacaktır.

5.3.4. İnsan

Montaj prosesi esnasında çeşitli işlemlerde insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır.

5.4. Alternatif Montaj Hattının Özellikleri

5.4.1. Birim Saniyeler, Kapasite ve Açıklamalar

Aşağıdaki çizelgeden görüleceği üzere (Çizelge 3 ve 4), mevcut montaj hattı prosesi 7 işlem ve 3 kişiden oluşmaktadır. Üretimde tek makine kullanıldığından 1. ve 2. döküm saniyeleri toplanarak birim saniye baz alınmıştır. En yüksek birim saniyeye göre hesaplanan günlük üretim miktarı 764 adet olup kişi başına düşen üretim adedi 255'tir.

Bir adet otomatik döküm makinesi ve 24 istasyonlu döner tabla platformu ile montaj hattı oluşturulmuştur. Döner tabla üzerinde metal kalıplar bulunmaktadır ve döner tabla platformu metal kalıpları ısıtma özelliğine sahiptir. Ayrıca ağırlık koyma işlemleri otomatik gerçekleşmektedir.

Çizelge 3. Mevcut montaj hattındaki birim saniyeler, kapasite ve kişi başına üretim adedi.

| İŞLEM | SANİYE |
|--|--------|
| 1. OTOMATİK DÖKÜM İŞLEMİ | 14,57 |
| SÜZÜCÜYE MANDAL TAKMA | 1,05 |
| 1. KAPATMA VE OTOMATİK BASKI İŞLEMİ | 2,22 |
| HOT-MELT İŞLEMİ | 23,01 |
| 2. OTOMATİK DÖKÜM İŞLEMİ | 23,15 |
| 2. KAPATMA VE OTOMATİK BASKI İŞLEMİ | 8,19 |
| KALIP SÖKME VE AMBALAJ BANDINA SEVK İŞLEMİ | 13,15 |

| | |
|------------------------------|-------|
| BAZ ALINAN BİRİM SANİYE | 37,72 |
| BAZ ALINAN NET ÜRETİM SANİYE | 28800 |
| KAPASİTE | 763,5 |
| MONTAJ HATTI ÇALIŞAN SAYISI | 3 |
| KİŞİ BAŞI ÜRETİM ADET | 254,5 |

Çizelge 4. Mevcut montaj hattı prosesindeki işlemler (3 işlem) ve bu işlemlerdeki çalışan işçi sayısı.

| İŞLEM | Kişi |
|---|------|
| SÜZÜCÜYE MANDAL TAKMA İŞLEMİ | 1 |
| 1. ve 2. KAPATMA İŞLEMİ | 1 |
| HOTMELT İŞLEMİ, KALIP SÖKME VE AMBALAJ BANDINA SEVK ETME İŞLEMİ | 1 |

6. SONUÇLAR

Mevcut ve alternatif montaj hatlarında üretilen ürünlerin, kalite ve işçilik üretim maliyetleri kıyaslanmıştır.

Mevcut montaj hattının 1. ve 5. prosesinde meydana gelen poliüretan döküm işlemi plastik kalıplar kullanılarak yapılmaktadır. Bu plastik kalıplar zamanla aşınmakta veya çarpılarak şekil değiştirmektedir. Bu durum üretim esnasında filtrelerin alt ve üst kapaklarında kalitesel problemlere yol açmaktadır. Bu problemler görsel veya fonksiyonel müşteri memnuniyetsizliklerine yol açmakla birlikte üretim esnasında fire miktarında artışa ve ürün teslimatlarında temrin gecikmelerine sebebiyet vermektedir.

Alternatif montaj prosesi ile birlikte, metal kalıplarda aşınma ve çarpımlardan kaynaklı şekil değişimlerinin önüne geçilecek müşteri memnuniyetsizliği oluşturacak görsel veya fonksiyonel kalite problemlerinin önüne geçilmesi öngörülmektedir. Çünkü metal kalıpların kullanım ömürleri plastik kalıplara nazaran çok daha fazladır. Ayrıca filtre alt ve üst kapaklarının poliüretan yüzeylerinde pürüzsüzlük oranının artması öngörülmektedir. Böylece müşteri memnuniyetsizlikleri minimuma indirilerek daha kaliteli ürün üretmek hedeflenecektir.

Mevcut montaj hattının 4 ve 8. proseslerinde plastik kalıp sökme işlemleri meydana gelirken poliüretan kapak yüzeylerde hava kabarcık izleri meydana gelmektedir. Bu durum kalıpların yeterli sıcaklığa ulaşamaması ile kalıp içerisindeki havanın dışarıya aktarılamamasından dolayıdır. Alternatif montaj prosesi ile birlikte kalıp ısıtma işlemi gerçekleştirilerek yukarıdaki sebepten dolayı meydana gelen müşteri memnuniyetsizlikleri minimuma indirilmesi öngörülmektedir.

Mevcut montaj hattı 8 kişi ile çalışırken alternatif olarak sunulan montaj hattı 3 kişi ile çalışmaktadır. Mevcut montaj hattının günlük kapasitesi 1244 adet olup alternatif montaj hattının günlük kapasitesi 764 adettir. Kapasite ve çalışan operatör sayısındaki azalma kişi başı üretim adedini 155'ten 255'e çıkartmıştır. Kişi başına düşen üretim miktarındaki artış alternatif montaj hattında üretilen filtrelerin üretim işçilik maliyetlerinde büyük bir kazanıma vesile olmakla birlikte piyasa şartlarında büyük bir avantaj elde edilmesi öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

İNCELER Halime, "21. Yüzyıla Doğru Üretim Sistemlerinde ve Ekonomide Yeniden Yapılanma", 1. Ulusal Zeki İmalat Sistemleri Sempozyumu, Sakarya, 1996.

ERDOĞAN Nurten, Faaliyete Dayalı Maliyetleme, Maliyet Muhasebesinde Yeni Bir Yaklaşım, Anadolu Üniversitesi Yayınları, No:867, İ.İ.B.F. Yayınları No: 106, Eskişehir, 1995.

DOĞAN Ahmet, Faaliyete Bağlı Maliyet Sistemi ve Türkiye Uygulaması, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Basılmamış Doktora Tezi), Ankara, 1996.

BROWNE J, vd., "Classification Of Flexible Manufacturing Systems", The FMS Magazine, No:2, 1984.

ACAR Durmuş, TEKİN Muzaffer, ALKAN Hasan, "Esnek Üretim Sistemlerinin İşletme Faaliyetlerine Olan Etkisi ve Maliyet Unsurlarında Meydana Getirdiği Değişiklikler", Süleyman Demirel Üniversitesi İ.İ.B.F. Isparta, 2007.

GUPTA Douglas, On Measurement and Valuation of Manufacturing Flexibility, International Journal of Production Research, No:12, 1993.

DRURY C., Management and Cost Accounting,. Chapman & Hall. London, 1992.

COŞKUN K. G., Esnek Üretim Sistemine Geçiş Aşamasında Yönelimin Rolü ve Değerlendirilmesi, Uludağ Üniversitesi I.I.B.F. Dergisi, Cilt 16, Sayı 4, 1998.

TEKİN, M. ve ATAMAK, B., Esnek Üretim Sistemleri ve Esnek Üretim Sistemleri ile İlgili Örnek Uygulamalar, I. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul, 1997.

**KARBON NANOTÜP VE CAM ELYAF TAKVİYELİ YÜKSEK
YOĞUNLUKLU POLİETİLEN HİBRİT KOMPOZİT
MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

*Investigation Of The Mechanical Properties Of Carbon Nanotubes
And Glass Fiber Reinforced High Density Polyethylene Hybrid
Composite Materials*

**Ahmet YAPICI & Hakan GÜĞÜL & Ömer Sinan ŞAHİN
Ferhat YILDIRIM**

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin ülkemiz ve dünya genelinde her alanda gelişmesiyle birlikte buna paralel olarak malzeme bilimlerinde de araştırma ve geliştirmeler yaygınlaşmıştır. Malzeme alanında iyileştirmeler devam ederken her geçen gün gelişen teknoloji ile özellikle kompozit malzemeler üzerinde çalışmalar artmıştır. Kompozit malzemeler üzerinde yapılan çalışmalar sonrasında bu malzemelerin kullanım alanları da artış göstermiştir [1,2]. Özellikle hafif olması ve mukavemet değerlerinin oldukça yüksek olması şu an birçok sektörde kompozit malzeme kullanılmasında önemli bir etken olmuştur. Kullanım alanları artarken aynı zamanda farklı tip kompozit malzemelerin araştırılması, kullanımı veya takviye yapılarak daha dayanıklı kompozit üretimi ve geliştirme çalışmalarını da beraberinde getirmiştir [3].

Kompozit malzemeler üzerinde yapılan çalışmalar devam ederken öte yandan günümüz teknolojisinin olmazsa olması nano teknoloji de hızla gelişmektedir [4]. Bu durumda nano teknoloji, malzeme bilimine de konu olarak kompozit malzemelerde yaygın bir kullanıma ulaşmıştır. Bu şekilde nanokompozit adını alan birçok malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir.

Nanokompozitlerin en önemli bileşeni olarak bilinen karbon nanotüp, bu malzemelerin mekanik özelliklerinde oldukça iyi bir artış sağlamıştır. Karbon nanotüpler çok üstün özelliğe sahip nano malzemelerdir. Karbon nanotübün bilinen en dayanıklı fiber olması daha çok ön plana çıkmasında önemli bir etken olmuştur. Ayrıca çok hafif ve yüksek elastiklik modülüne sahip olması da önemli özelliklerindedir [5-8].

Karbon nanotüp sentezleme işlemlerinin son yıllarda yaygınlaşmasının yanı sıra cam elyafın ise uzun yıllardan beri üretimi ve kullanımı sıklıkla görülmektedir. Cam elyaf kompozit üretiminde en çok kullanılan malzemelerden biridir. Oldukça sağlam, yanmaz ve darbelere karşı dayanıklıdır [9].

Karbon nanotüp ve cam elyafın ayrı ayrı ya da birlikte plastik esaslı malzemelerde kullanılması bu malzemelerin özelliklerinde iyileşme olmasını sağlamıştır. Bu çalışmada da karbon nanotüp ve cam elyaf katkısı yapılarak yüksek yoğunluklu polietilenden hibrit kompozit malzeme üretilmiş ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Çalışmada farklı oranlarda bileşen eklenerek oluşturulan kompozit malzemenin mukavemet değerlerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)

YYPE, etilen gazlarından oluşan ve bu gazın Ziegler-Natta tipinde koordinasyon katalistleri eşliğinde, heksan ortamında düşük sıcaklık ve düşük basınçlarda polimerizasyon yöntemleriyle elde edilen bir tür plastik termoplastik malzemedir. YYPE, esasında bir petrol ürünüdür. Monomer ham maddesi olan etilen, ham petrolden elde edilmektedir [10,11].

YYPE'nin yoğunluğu ortalama $0,96 \text{ g/cm}^3$ 'tür. YYPE kullanım sıcaklığı $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ ile $80 \text{ }^\circ\text{C}$ arasındadır [12]. Ancak kullanım alanlarında basınç, nem gibi dış etkenlere bağlı olarak $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar kullanılabilir. Erime sıcaklığı da $130-135 \text{ }^\circ\text{C}$ arasındadır [11]

YYPE'nin mukavemet değerleri, özellikle çekmede kopma ve darbe dayanımı çok yüksektir. Bu değerler takviye malzemeleriyle daha çok artırılabilir. Su ve kimyasallara karşı direnci fazladır. Düşük sıcaklıklarda diğer mekanik özellikler bakımından da çok iyi sonuçlar verir [11,13].

Bu çalışmada kullanılan YYPE, Petkim firmasının üretimi olup erime sıcaklığı $134 \text{ }^\circ\text{C}$ ve yoğunluğu $0,96 \text{ g/cm}^3$ 'tür [13]

Karbon Nanotüp (KNT)

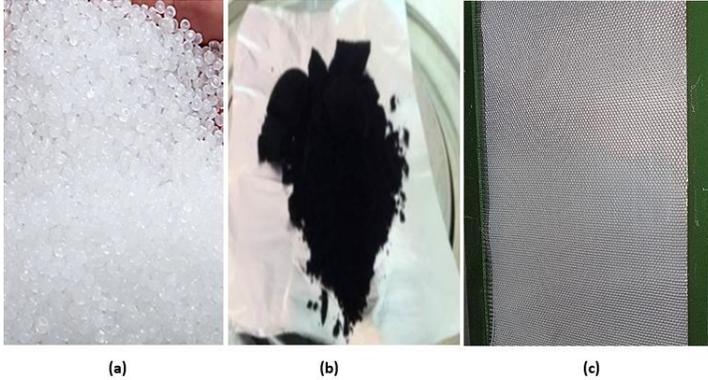
KNT'ler önemli derecede mekanik ve elektronik özelliklere sahip nano boyutlu yapılardır. Ayrıca çelikten çok daha dayanıklı ve sert yapıya sahiptir [14]. Karbon nanotüp, kristal haldeki grafitlerden oluşan hegzagonal örgüdeki karbon atomlarından oluşan silindirik şekilli yapılar olup [15,16] tek bir grafitin silindir şeklinde kıvrılmasıyla tek duvarlı karbon nanotüpler (TDKNT) elde edilir. TDKNT'lerin çapları 1-5 nm boyutlarındadır. TDKNT ve ortak eksenli tüplerin bir araya gelmesiyle de çok duvarlı karbon nanotüpler elde edilir. ÇDKNT'lerin de çapları 2.5-30 nm aralığındadır [15-19]. Bu çalışmada kullanılan KNT türü çok duvarlıdır.

Bu çalışmada deneysel amaçlı kullanılan ÇDKNT, Nanocly firmasından temin edilmiş olup 10-50 nm çapında ve 10-30 µm uzunluğundadır. Üretimi, kimyasal buhar biriktirme yöntemiyle yapılmıştır.

Cam Elyaf

Cam elyaf eriyik halde bulunan camın çekilmesiyle elde edilen bağımsız yapıdaki ince liflerdir. 1940'lı yıllardan bu yana farklı tipte cam elyaflar özellikle plastiklerde takviye malzemesi olarak kullanılmaktadır. Cam elyaf takviyesiyle plastiklerin çekme, eğilme ve darbe dayanımlarıyla rijitlik ve diğer fiziksel özellikleri artırılabilir [20,21].

Bu çalışmada kompozit malzeme üretimi için kullanılan cam elyaf kumaş E cam tipi ve 300 g/m² ağırlığa sahiptir.



Şekil 1. a) YYPE, b) ÇDKNT, c) Cam elyaf

2.2. Yöntem

Bu bölüm, YYPE ve KNT'nin bir araya getirilerek homojen karışımını, sonrasında cam elyaf takviye edilerek kompozit malzeme üretimi ve bu malzemelerden deney numuneleri oluşturularak uygulanan testleri içermektedir.

KNT'ler YYPE granülleriyle farklı oranlarda karıştırılmış ve sonrasında cam elyaf ilave ederek plakalar üretilmiştir. Üretilen bu plakalardan lazer kesim cihazı yardımıyla deney numuneleri kesilmiştir. Belli standartlar çerçevesinde hazırlanan deney numuneleri çekme deneyi, izod darbe deneyi ve düşük hızlı darbe deneyleri ile teste tabi tutulup mekanik özellikleri tespit edilmiştir.

KNT ve saf YYPE öncelikle hassas terazi yardımıyla tartılarak YYPE granülleri içerisine ilave edilmiştir. Yapılacak karışımın toplam ağırlığına oranla YYPE tartılıp buna %0.5 oranında, %1 oranında ve %1.5 oranında KNT'ler ayrı ayrı eklenerek karıştırılmıştır. KNT ve YYPE karışımları beher içerisinde yapılp bu karışımı homojen hale getirmek için yapılacak işlemlerin kolaylığı açısından beher içerisine granüllerin çözünmeyeceği aseton ilave edilerek karıştırılmıştır. Aseton ortamındaki YYPE ve KNT karışımı, homojen hal alması için ilk olarak ultrasonik karıştırıcıda 30 dakika karıştırılmıştır (Şekil 2.). Karışım sırasında dışarıya taşma olmaması amacıyla beher üzeri alüminyum folyo ile sıkıca kapatılmıştır.



Şekil 2. YYPE ve KNT'nin ultrasonik karıştırıcıda karıştırılması

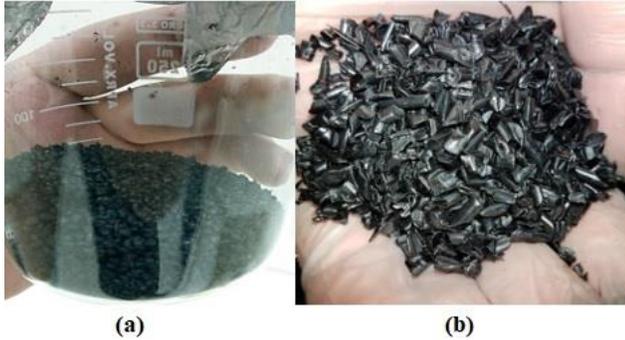
Ultrasonik karıştırıcı, yüksek frekansta akım göndererek su haznesi içerisinde bulunan beherdeki parçacıklarda bir titreşim meydana getirir ve birbirlerine yapışmasını sağlar. Burada da bu titreşimle KNT partikülleri YYPE üzerine yapışarak belli oranda homojen karışım elde edilmiştir. Ultrasonik karıştırıcıda belli bir oranda homojen hale gelen karışım, daha fazla homojenlik için ikinci aşamada ısıtıcıli manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır (Şekil 3.). Manyetik karıştırıcı 70 °C sıcaklığa ayarlanıp, alüminyum folyo üzerinde delikler açılıp karışım

içerisindeki aseton tamamen buharlaşana kadar işlem devam ettirilmiştir. Asetonun kaynama noktası 56 °C olduğu için sıcaklık 70 °C ayarlanmıştır. Asetonun buharlaşması ortalama 2-3 saatte tamamlanmıştır. Manyetik karıştırıcıda asetonun buharlaşması sonucu ve manyetik karışım etkisiyle KNT partikülleri iyice YYPE granülleri üzerine yapışmış ve homojen bir hal almıştır. Isı etkisiyle hem aseton buharlaşmış hem de buharlaşma sonucu ıslak olan malzemenin kuruması sağlanmıştır.



Şekil 3. YYPE ve KNT'nin manyetik karıştırıcıda karıştırılması

Birbirlerine iyice yapışan KNT ve YYPE karışımını (Şekil 4.) çift vidalı ekstruder ve polimer kırıcıdan geçirilerek istenilen homojenlik sağlanmıştır (Şekil 5.)



Şekil 4. a) Manyetik karıştırıcı sonrası ürün, b) Ekstruderden çıkan ürün

Çift vidalı ekstruderden elde edilen ürün sıcak pres makinası kullanılarak ve cam elyaf takviyesi yapılarak kalıp yardımıyla plakalar üretilmiştir. Her bir orandaki KNT'li ürün ayrı ayrı cam elyaf takviyesi yapılarak üretim yapılmıştır. Ayrıca saf YYPE'den de deney numunesi elde etmek amacıyla plaka üretimi yapılmıştır.

Pres makinası alt tablası üzerine 4 mm kalınlığında kalıp yerleştirilip içerisine ilk olarak 2 mm olacak şekilde KNT katkılı YYPE granülleri koyulup kalıp içinde düz bir biçimde dağıtılmıştır. Bu tabakanın üzerine kalıp ölçülerinde cam elyaf kumaş yerleştirilip cam elyaf üzerine de 2 mm olacak şekilde yine granüller koyulup (Şekil 5.a.) düzgünce dağıtılmış, üst tabaka da bu şekilde oluşturularak üretime hazır hale getirilmiştir.



Şekil 5. KNT katkılı YYPE ve cam elyafın kalıba yerleştirilmesi

Üretimin ilk aşamasında pres makinasının enerjisi açılarak ısıtılmaya başlanmış ve üst tabla, malzemeye sadece temas edecek şekilde bastırılmıştır. İlk sıcaklık değeri için de termostat 120 °C'ye ayarlanmıştır. Bu yöntemle granülleri tamamen eritmeden yavaş yavaş akışkan forma getirip, öncelikle granüller arasındaki boşlukların dolması amaçlanmıştır. Sıcaklık değeri her iki tablada 120 °C'ye ulaştığında 5 dakika beklenerek 130 °C'ye çıkarılmış ve pres makinası biraz daha sıkıştırılmıştır. Aynı şekilde 130 °C sıcaklığa ulaştığında yine 5 dakika sonra son sıcaklık değeri 140 °C'ye çıkarılmış ve pres makinası daha fazla sıkıştırılmıştır. Sıcaklık 140 °C'ye ulaştığında pres makinası iyice sıkıştırılmış ve eriyik malzemenin bu sıcaklık ve basınç altında homojen bir şekilde kalıbın şeklini alması sağlanmıştır. Son olarak 10 dakika daha bekletildikten sonra enerji kesilmiş ve soğutma suyu açılarak üretilen malzeme ve kalıp soğumaya bırakılmıştır. Pres makinası, kalıp ve malzeme soğuduktan sonra kalıp çıkarılmış ve kompozit plaka üretimi tamamlanmıştır (Şekil 6.a).



Şekil 6. a) Üretilen kompozit plakalar, **b)** Plakalardan kesilen deney numuneleri

Kompozit plakaların üretimi için geçen süre, sıcak üretim için ortalama 45 dakika ve malzemenin soğutulması için 20-30 dakika arasındadır. Bütün plakalar aynı şartlarda ayrı ayrı periyotlarda üretilmiştir. Farklı oranlarda KNT'li YYPE ve cam elyaf ile elde edilen plakaların yanı sıra mukavemet değerlerinin karşılaştırılması amacıyla, aynı şartlarda saf YYPE'den ve saf YYPE'ye diğer plakalarda uygulandığı gibi cam elyaf takviye edilerek 2 farklı tipte daha plaka üretimi yapılmıştır. Bu durumda elde edilen plaka tipi toplam 5 adettir. Plakaların malzeme türleri aşağıda listelenmiştir.

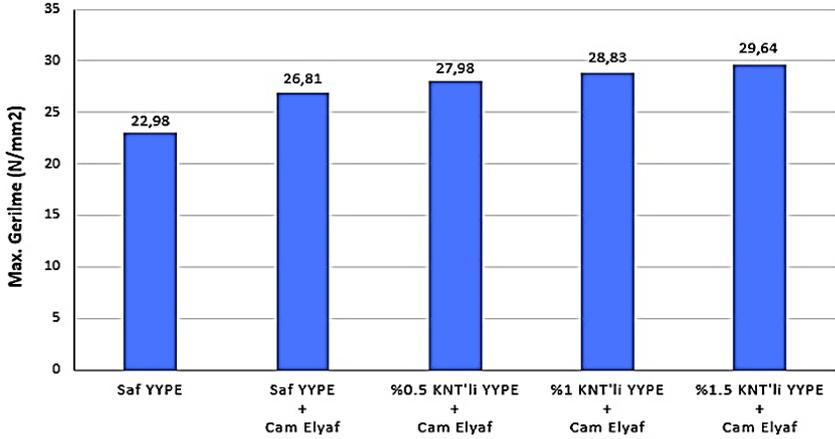
- Saf YYPE
- Saf YYPE + Cam elyaf takviyesi
- %0.5 KNT katkılı YYPE + Cam elyaf takviyesi
- %1 KNT katkılı YYPE + Cam elyaf takviyesi
- %1.5 KNT katkılı YYPE + Cam elyaf takviyesi

Üretimi yapılan kompozit plakalar ve saf YYPE plakalar, bilgisayar destekli lazer kesim cihazı ile kesilerek Şekil 6.a'da gösterildiği şekilde çekme deneyi, izod darbe deneyi ve düşük hızlı darbe deneyi numuneleri elde edilmiştir. Çekme deneyi numuneleri ASTM D638 standartlarına uygun olarak hazırlanmıştır. Izod darbe deneyi numuneleri ASTM D6110 standartlarına göre hazırlanmıştır. Düşük hızlı darbe deneyi numuneleri ise 100x150 mm ebatlarında düz plaka olarak hazırlanıp testlere tabi tutulmuştur.

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. Çekme Deneyi Sonuçları

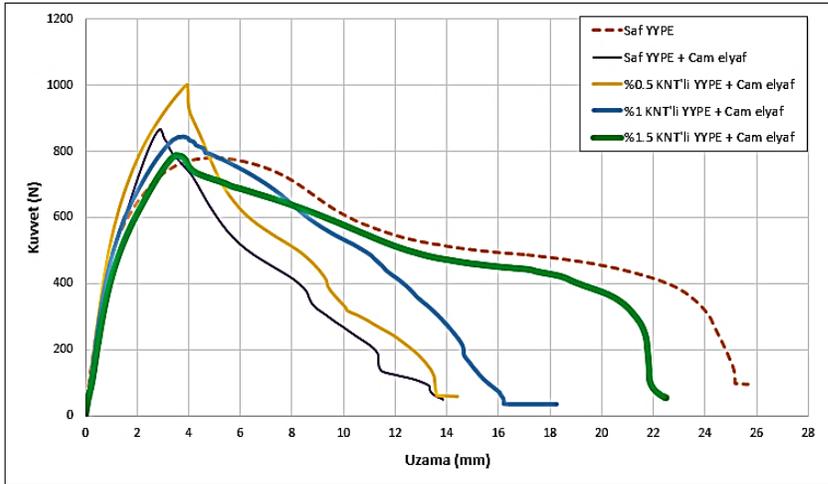
Yapılan çekme deneylerinden her bir malzeme türüne ait maksimum gerilme, uygulanan kuvvet ve uzama miktarları elde edilmiştir. Malzemenin dayanımı olarak nitelendirilen akma başladığı andaki maksimum gerilmeler (akma dayanımı) Şekil 8’de her bir malzeme için karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Elde edilen maksimum gerilmeler N/mm^2 cinsinden verilmiştir.



Şekil 8. Çekme deneyi sonuçları-maksimum gerilme

Değerler incelendiğinde saf YYPE'nin akma değeri olan maksimum gerilmesi $22.98 N/mm^2$ olarak belirlenmiştir. Saf YYPE'ye cam elyaf takviye edilmesi ile bu değer $26.81 N/mm^2$ 'ye çıkmış ve malzemede %16.66 oranında bir mukavemet artışı elde edilmiştir. Bu dayanım artışında, cam elyafın yüksek çekme mukavemetine sahip olması direkt etkili olmuştur. Cam elyaf ile birlikte %0.5 oranında KNT takviyesiyle maksimum gerilme değeri $27.98 N/mm^2$ olmuş ve bu durumda da saf YYPE ve cam elyaftan oluşan kompozite göre %4.36 oranında dayanım artışı görülmüştür. Malzemeye takviye edilen KNT oranı %1'e çıktığında, %0.5 KNT'li malzemeye göre %3.03'lük bir mukavemet artışıyla maksimum gerilme değeri $28.83 N/mm^2$ olmuştur. Son olarak %1.5 KNT takviyesinde ise $29.64 N/mm^2$ değerinde akma dayanımı elde edilmiş ve %1 KNT'li malzemeye göre %2.80 oranında bir dayanım artışı gerçekleşmiştir. Saf YYPE'ye yalnızca cam elyaf takviyesi ve cam elyaf ile birlikte tüm oranlarda KNT takviyesi, malzemenin mukavemet değerlerini arttırmıştır. Ancak mukavemet artış oranı, %0.5'ten %1.5 KNT oranına doğru azalmaktadır. Testte uygulanan kuvvetler ve her bir malzemedeki uzama miktarları Şekil 9'da karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Kuvvet-uzama grafiğine göre plastik yapısından dolayı yüksek sünekliğe sahip saf YYPE'nin akma

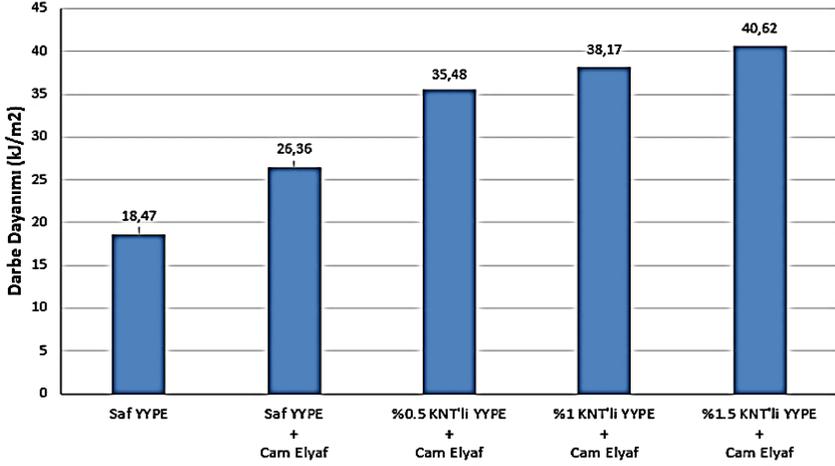
noktasından sonra en çok uzayan malzeme olduğu görülmüştür. Ancak, YYPE'ye cam elyaf takviye edildiğinde uzama miktarı neredeyse %50 civarlarında azalmıştır. Saf YYPE ve cam elyaf karışımı malzeme burada diğer malzemelere göre daha gevrek yapıdadır. Sebebinin ise, cam elyafın çekmeye karşı dayanımı ve rijit yapısından dolayı olduğu düşünülmektedir. Saf YYPE, cam elyaf ve KNT'den oluşan hibrit kompozit malzemelerde de KNT oranı %0.5'ten %1.5'e çıktıkça sünekliğin saf YYPE ve cam elyafli kompozite göre arttığı ve %1.5 KNT'li malzemenin hemen hemen saf YYPE'nin uzama miktarına yaklaştığı görülmektedir. Aynı zamanda akma noktaları da KNT oranı arttıkça azalmaktadır. Burada cam elyaf takviyesiyle sünekliği azalan YYPE'nin, KNT takviyesiyle tekrar çekme kuvveti karşısında uzama miktarı artarak sünek yapıya geçtiği görülmektedir.



Şekil 9. Çekme deneyi kuvvet-zaman grafiği

3.2. Izod darbe Deneyi Sonuçları

Numunelerin izod deney sonuçlarına göre darbe dayanımları, yapılan testler neticesinde Şekil 10'da verilmiştir. Testler tüm malzeme türlerinde yapılmıştır. Darbe dayanımları, izod test cihazında uygulanan ve belli bir yükseklikten serbest bırakılan çekicinin malzemeyi kırarak, kırdıktan sonra çıktığı ters taraftaki ikinci yükseklikte potansiyel enerjilerinin farkına göre, malzemeyi kırmak için gerekli olan enerji miktarları olarak elde edilmiştir. Elde edilen darbe dayanımları kJ/m^2 cinsinden incelenmiştir.



Şekil 10. Izod darbe deneyi sonuçları

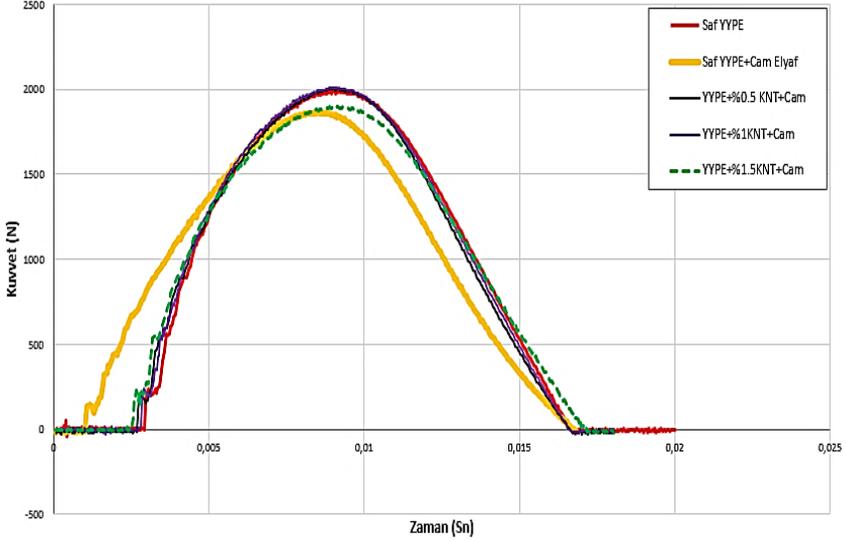
Deneyden elde edilen veriler incelendiğinde saf YYPE'nin darbe dayanımı 18.47 kJ/m^2 olarak belirlenmiştir. Saf YYPE'ye cam elyaf takviyesiyle darbe dayanımı, %42.71'lik ciddi bir artış oranıyla 26.36 kJ/m^2 'ye çıkmıştır. Cam elyafla birlikte %0.5 oranında KNT takviyesiyle darbe dayanımı 35.48 kJ/m^2 değerine çıkmış ve bu durumda da saf YYPE ve cam elyaftan oluşan malzemeye göre %34.59 oranında dayanım artışı sağlanmıştır. Takviye edilen KNT oranı %1'e çıkarıldığında, %0.5 KNT'li malzemeye göre %7.58'lik bir mukavemet artışıyla darbe dayanım değeri 38.17 kJ/m^2 olmuştur. KNT oranı %1.5'e çıkarıldığında ise darbe dayanımı 40.62 kJ/m^2 elde edilmiş ve %1 KNT'li malzemeye göre %6.41 oranında yine bir dayanım artışı sağlanmıştır.

Karbon nanotüp yüksek mukavemet özellikleri sayesinde YYPE molekülleri arasındaki bağı kuvvetlendirerek kırılma enerjisini arttırmıştır. Aynı şekilde cam elyaf da rijitliği ve darbelere karşı dayanım özelliğiyle ve KNT ile birlikte takviye edilmesiyle YYPE'nin darbe dayanımını arttırmıştır.

3.3. Düşük Hızlı Darbe Deneyi Sonuçları

Düşük hızlı darbe deneyinde kullanılan cihazın vurucu ucu 5.6 kg ağırlığındadır. Çarpma hızı 2 m/sn olarak alınmıştır. Düşük hızlı darbe testinde, belirli bir ağırlıktaki vurucu uç belli bir hızda cihaza bağlanmış numuneye çarptırılarak numune yüzeyindeki deplasman/hasar ve absorbe edilen enerjiler elde edilir. Bu sonuçlara bakarak da malzemenin rijitliği, sünekliği, kırılma enerjisi vb. özellikleri belirlenebilir.

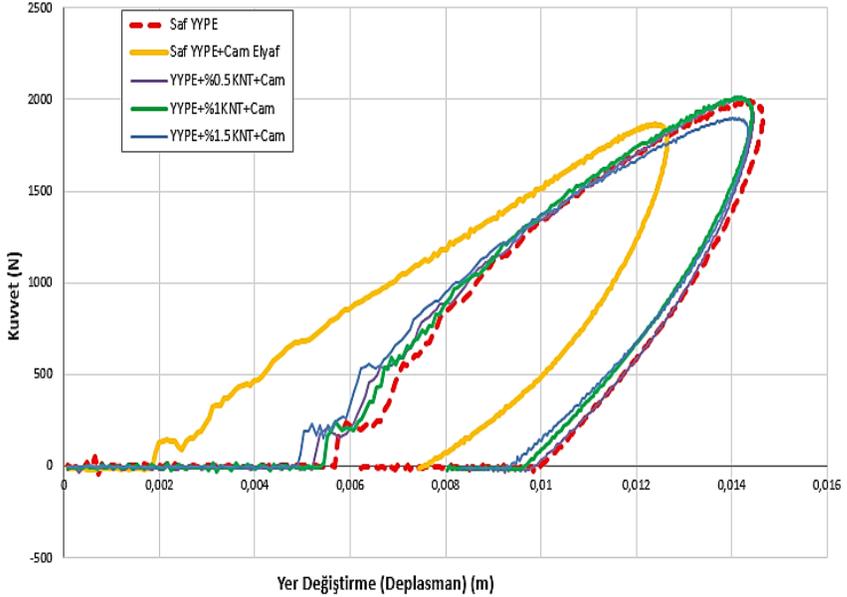
Deneyden elde edilen verilere göre uygulanan kuvvetin zamana bağlı değişimi Şekil 11’de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 11. Kuvvet-zaman grafiği

Grafikte belirtilen duruma göre, saf YYPE’nin daha fazla sürede kuvvete maruz kaldığı görülmektedir. Sebebi de yumuşak ve esnek yapıda olmasından dolayı, cihazın vurucu ucu malzeme üzerinde daha fazla etki yaratmış ve geri tepmesi daha uzun zaman almıştır. Saf YYPE ve cam elyaftan oluşan malzeme ise YYPE’nin tam aksine daha az süre kuvvete maruz kalmıştır. Cam elyaftan rijit yapıda olması ve darbeye karşı dayanımı, burada uygulanan kuvvetin bir anda artmasını ve diğer malzemelerden daha düşük kuvvetle, daha kısa zamanda etki-tepki oluşumunu sağlamıştır. %0.5, %1, %1.5 oranlarında KNT takviyeli YYPE ve cam elyaftan oluşan hibrit kompozitlerde de malzemelere uygulanan temas kuvvetleri, saf YYPE’ye yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Ancak yine Saf YYPE’ye göre bu malzemeler de daha kısa süre kuvvet etkisi altında kalmıştır.

Malzemeler üzerinde belli oranlarda geçici şekil değişimi meydana gelmiştir. Kuvvet etkisi altında yer değiştirme/deplasman miktarları Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Kuvvet-yer değiştirme grafiği

Uygulanan kuvvetler karşısında en çok yer değiştirme miktarı saf YYPE plakada gerçekleşmiştir. Ancak yapısı gereği sünek bir davranış sergilemiş ve uygulanan kuvvetin etkisi ortadan kalktığında eski şeklini almaya eğilim göstermiştir. Bu durumda esnek bir yapıya da sahip olduğu düşünülmelidir. Saf YYPE'ye cam elyaf takviye edildiğinde ise kuvvet etkisi altında kalan zamanda yer değiştirme miktarı diğer malzeme türlerinden daha az olmuştur, ancak diğer malzemelerden farklı olarak uygulanan kuvvet sıfırlandığında eski halini almaya eğilim göstermemiştir. Bu durumda cam elyafın YYPE'ye rijit ve tok bir yapı kattığı düşünülmektedir.

Takviye edilen KNT'ler, YYPE ve cam elyafı malzemeye tüm oranlarda birbirlerine yakın değerlerde esneklik kazandırmıştır. Cam elyaf ile sert ve rijit bir yapıya dönüşen YYPE, hem KNT hem de cam elyaf takviyesiyle yeniden esnek özellik kazanmaya başlamıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) içerisine ağırlıkça %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında çok duvarlı karbon nanotüp (ÇDKNT) ayrı ayrı ilave edilip, cam elyaf takviyesiyle sıcak pres makinası kullanılarak 4 mm plakalar halinde hibrit kompozit malzeme üretimi yapılmıştır. Saf YYPE, saf YYPE ve cam elyaf, üç farklı oranda ÇDKNT takviyeli YYPE ve cam elyaf olmak üzere toplam beş malzeme türü için deneyler yapılmış ve birbirleri arasındaki mukavemet değerlerinin değişimi incelenmiştir.

Yapılan deneylerde öncelikli olarak cam elyafın saf YYPE'ye takviye edilmesiyle ciddi bir mukavemet artışı sağlanmıştır. Cam elyafın sahip olduğu darbe dayanımı testler sonucunda elde edilen verilerle doğrulanmıştır. Ayrıca rijit bir yapıya sahip olmasından dolayı da sünek yapıdaki YYPE ile birleşerek tok bir kompozit elde edilmiştir.

YYPE ve cam elyafı malzemeye %0.5, %1 ve %1.5 oranlarının tamamında takviye edilen ÇDKNT, malzemenin mukavemet değerlerini arttırmıştır. Ancak %0.5 ÇDKNT takviyesinde dayanım artış oranı çekme testinde %4.36, izod darbe testinde %34.59 iken, ÇDKNT takviye oranı %1.5'e çıktığında dayanım artış oranı çekme testinde %2.80, izod darbe testinde ise %6.41 olduğu gözlenmiştir. Bu durumda ÇDKNT takviye oranı arttıkça mukavemet değerleri artmaktadır, fakat mukavemet değerlerinin artış oranı da giderek azalmaktadır.

Yapılan karışım oranları ve üretim yöntemleri malzemenin deney sonuçlarını değiştirebilmektedir. Bu çalışmada elde edilen verilere, göre karbon nanotüp %1.5 oranından daha fazla YYPE'ye takviye edilerek üretim yapıp mukavemet değerleri incelenebilir. Dayanım artış oranı bu çalışmada %0.5 ÇDKNT'de daha fazla elde edildiğinden gelecek çalışmalarda %0.5'in altında oranlarda ÇDKNT takviyesi de yapılabilir. Karbon nanotüp, nano boyutta olması ve çok üstün özelliklere sahip olması sebebiyle bu takviye oranında da çalışmalar yapılabilir. Ayrıca, farklı üretim yöntemleri araştırılarak daha yüksek mukavemet değerleri elde edilebilir.

KAYNAKLAR

[1] Shishevan, F.A. vd. (2015). Reçinesine grafen ve karbon nanotüp eklenmesinin karbon elyaf takviyeli kompozitlerin mekanik özellikleri ve darbe davranışları üzerindeki etkileri. Conference: Mühendislikte Yeni Teknolojiler, At Bayburt.

[2] Kara, Y. ve Akbulut, H. (2017) Karbon elyaf takviyeli karbon nanotüp katkılı epoksi kompozit helisel yayların mekanik davranışları. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 1304-4915.

[3] Korkmaz, N. Vd. (2016). Dokuma karbon elyaf takviyeli karbon nano tüp-epoksi kompozit malzemelerin mekanik ve termal karakterizasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt 20, Sayı 2, 338-353.

[4] Dural Erem, A. ve Özcan, G. (2013). Polimer esaslı nanokompozitler ve tekstil uygulamaları. Tekstil ve Mühendis, 20: 89, 36-47.

[5] Taşyürek, M. (2014). Yüzey çatlaklı ve çatlaksız $\pm 55^\circ$ filaman sarım cnt takviyeli ctp kompozit boruların mekanik özelliklerinin ve iç basınç etkisi altındaki yorulma davranışının araştırılması. Doktora tezi. Kabul tarihi: 17.01.2014.

[6] Küçükyıldırım, B.O. ve Eker, A.A. (2012). Karbon nanotüpler, sentezleme yöntemleri ve kullanım alanları. Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt:53, Sayı:630.

[7] Kaya, A.İ. (2016). Kompozit malzemeler ve özellikleri. Putech & Composite Poliüretan ve Kompozit Sanayi Dergisi 29, 38-45.

[8] Wang, L. vd. (2015). Preparation and Mechanical Properties of Continuous Carbon Nanotube Networks Modified Cf/SiC Composite. Hindawi Publishing Corporation Advances in Materials Science and Engineering Volume 2015, Article ID 465358.

[9] Joshi, S.V. vd. (2004). Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? Science Direct, Composites: Part A 35, 371-376.

[10] Araujo, J.R. vd. (2008). Thermal properties of high density polyethylene composites with natural fibers: Coupling agent effect. Polymer Degradation and Stability 93 (2008), 1770-1775.

[11] Zeren, F. (2013). Değişik oranlarda nano ve mikro boyutlardaki CaCO_3 'ün yüksek yoğunluklu polietilenin özelliklerine etkilerinin incelenmesi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.

[12] Düşünceli, N. ve Çolak, Ö.Ü. (2007). İmalat yöntemlerinin yüksek yoğunluklu polietilenin (yype) tek eksenli çekme davranışı üzerindeki etkisi. 8. Uluslararası Kırılma Konferansı Bildiriler Kitabı, (s.290-301) İstanbul.

[13] Petkim. (2014) Termoplastikler
http://www.petkim.com.tr/UserFiles/file/uretim/urun_katalogu.pdf
adresinden erişildi. (ET: 08.04.2018)

[14] Mutlay, İ. (2014). Karbon nanotüpler özellikler ve uygulamalar. grafen.com.tr/pdf/1459186118.pdf adresinden erişildi. (ET: 08.04.2018).

[15] Tanın, M. (2016). Karbon nanotüp ve cam elyaf takviyeli yüksek yoğunluklu polietilen hibrit kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi. Yüksek lisans tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Hatay.

[16] Mirik, M. (2010) Karbon nanotüp takviyeli yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) nanokompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

[17] De Volder, M.F.L. vd. (2013). Carbon Nanotubes: Present and Future Commercial Applications. Science 339, 535.

[18] Ren, Z.F. vd. (1998). Synthesis of Large Arrays of Well-Aligned Carbon Nanotubes on Glass Science, Vol 282.

[19] Yenigün, E.Ö. (2017). Karbon nanotüp-polimer nanokompozitlerde çok boyutlu modelleme ile arayüz özelliklerinin incelenmesi. Politeknik Dergisi, 20(3): 503-511.

[20] Seyhan, A.T. vd. (2007). Critical aspects related to processing of carbon nanotube/unsaturated thermoset polyester nanocomposites. Science Direct, European Polymer Journal 43, 374–379.

[21] Ramesh, M. vd. (2013). Mechanical property evaluation of sisal–jute–glass fiber reinforced polyester composites. Science Direct, Composites: Part B 48, 1–9.

AĞIR TAŞITLARDA ÇARPMA ENERJİSİ SÖNÜMLEYİCİ ARKA KORUYUCU TAMPON TASARIMI

*Rear Underrun Protection Design in Heavy Vehicle with Energy
Absorbing Properties*

Mustafa SERT & Ahmet YAPICI
Muhammet Musab ERDEM & Ali Osman ATAHAN

GİRİŞ

Ülkemizde yolcu ve yük taşımacılığı hava, kara, demir ve deniz yollarıyla gerçekleştirilmektedir. Karayolu taşımacılığı, güzergâh alternatiflerinin fazla olması, parça yükleri başlangıç ve varış noktaları arasında aktarmasız olarak hızlı ve daha kolay taşınabilme esnekliğini sağlamasına bağlı olarak daha çok tercih edilmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Taşıma türlerinin kıyaslanması [1]

| Taşıma Türü | Maliyet | Hız | Hizmet Alanı | Tarifeli Seferlerin Sıklığı | Tarifelerin Uygulanma Güvenilirliği |
|--------------------|----------------|------------|---------------------|------------------------------------|--|
| Karayolu | Yüksek | Hızlı | Çok Geniş | Yüksek | Yüksek |
| Deniz yolu | Çok Düşük | Yavaş | Sınırlı | Çok Düşük | Orta |
| Havayolu | Çok Yüksek | Çok Hızlı | Geniş | Yüksek | Orta |
| Demiryolu | Orta | Orta | Orta | Düşük | Çok Yüksek |
| İç su yolu | Düşük | Yavaş | Sınırlı | Düşük | Orta |

Kıyaslama türlerine bakıldığında karayolu taşımacılığının hizmet alanının geniş olması, tarifeli seferlerin sık olması ve bu özelliklere ek olarak genelde aktarmalı taşımanın yapıldığı hava, deniz ve demiryolu taşımacılığında tamamlayıcı bir unsur olarak karayolu taşımacılığının kullanılması, karayolu taşımacılığının diğer taşıma türlerine göre daha hızlı bir gelişme göstermesini sağlamıştır. Ülkemizde karayolu taşımacılığının en çok tercih edilen ulaşım şekli olması, kaza riskini arttırmaktadır (Şekil 1-2).

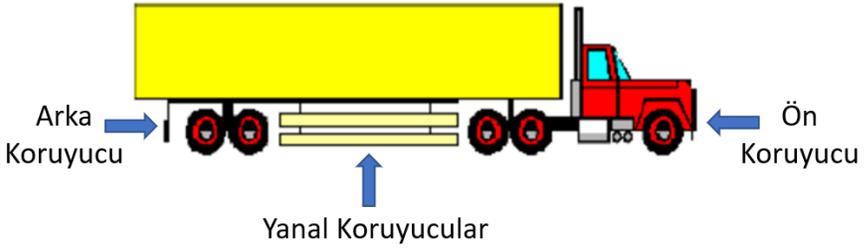


Şekil 1. Bolu’da gerçekleşen otomobil – tır kazası [2]



Şekil 2. Karabük’te gerçekleşen otomobil – tır kazası [3]

Ağır taşıtlarda arka koruyucu tampon, pasif güvenlik sisteminin bir alt başlığı olan dış güvenlik sistemlerinin içerisinde yer alır. Dış güvenlik terimi ise, ağır taşıt tarafından çarpılan yayalar, motorlu ve motorsuz araç kullanan sürücü ve yolcuların yaralanmalarını en aza indirmek için, taşıta kazandırılması gereken tasarım özelliklerini kapsar. Dış güvenliği geliştirmek adına Şekil 3’te görüldüğü gibi ticari taşıtlara ön, arka ve yan koruyucu elemanlar yerleştirilerek, motorlu ve motorsuz küçük taşıtların sürücülerinin ve bu taşıtlarda bulunan yolcuların ağır vasıtaların altına girmeleri önlenmeye çalışılmaktadır [4].

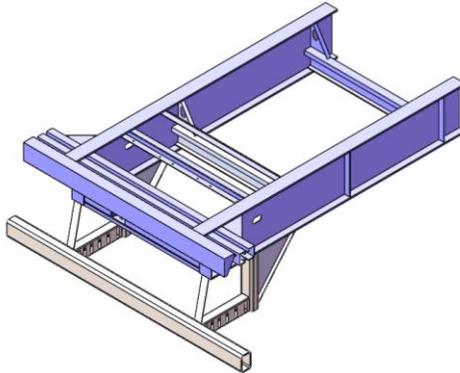


Şekil 3. Yanal, arka ve ön koruyucunun gösterimi [4]

Bu çalışmada tasarlanan arka koruyucu tamponların üzerinde belirlenen bir parçanın sac kalınlığı değişken olarak belirlenmiş ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak her bir tampona ait ASI değerleri karşılaştırılmış, performansları değerlendirilmiştir.

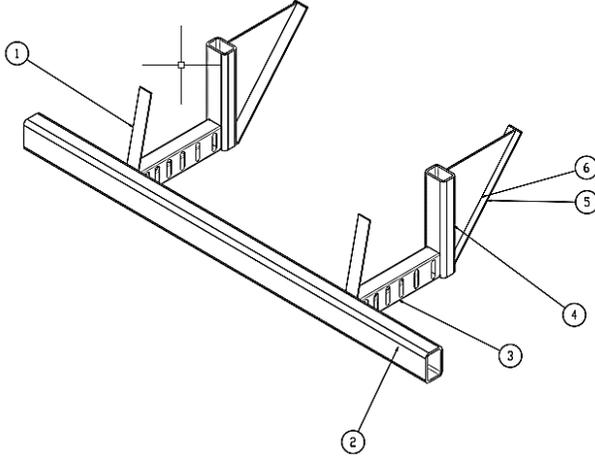
1. TAMPON TASARIMLARI

Bu çalışmada yer alan arka koruyucu enerji sönümleyici parçanın üç farklı sac kalınlığında tasarımı yapılmıştır. Şekil 4'te arka koruyucunun, şasi üzerine montajı görülmektedir.

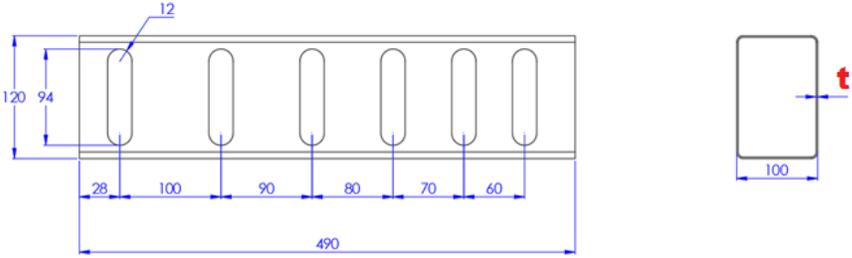


Şekil 4. Koruyucu tamponun şasi üzerinde montajı

Şekil 5'te görülen 1 numaralı parça, 2 numaralı yatay profil ile araç şasisi arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. 3 numaralı parça enerji sönümleyici olarak kullanılmaktadır. 4 numaralı parça dikey profildir ve zemin ile arka koruyucunun arasındaki mesafeyi belirlemektedir. 5 ve 6 numaralı parçalar ise destek görevi görmektedir.



Şekil 5. Koruyucu tampon bileşenleri



Şekil 6. 3 numaralı parça detayı

Şekil 6'da 3 numaralı parçanın detayı görülmektedir. Bu parçanın et kalınlığı t , değişken olarak belirlenmiş ve 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, ve 2.0 mm et kalınlıkları için 5 model hazırlanmıştır. Arka koruyucunun en alt kısmı ile zemin arasındaki yükseklik 450 mm'dir.

2. MODELLEME ÇALIŞMASI

Bu çalışmada performansı değerlendirilecek arka koruyucu tamponların katı modeli ve sonlu elemanlar ağı oluşturulmuştur. Sonlu elemanlar ağı oluşturulan koruyucu tampon modeli ve bir binek araç modeli aynı ortamda çalıştırılarak çarpışma analizleri gerçekleştirilmiştir.

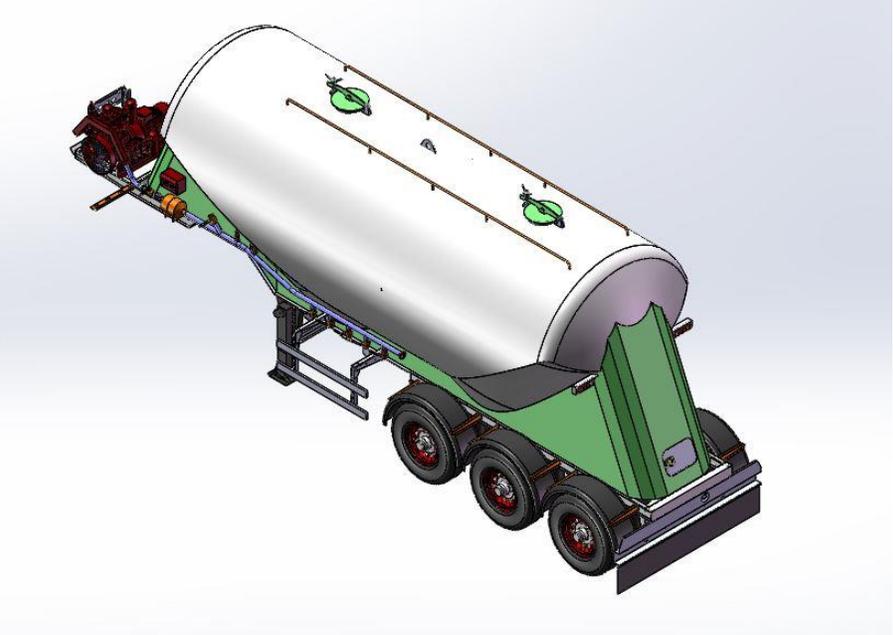
Çalışmada değerlendirilen arka koruyucu tampon malzemesi olarak ST37-2 kullanılmıştır. Bu malzemenin mekanik ve kimyasal özellikleri Çizelge 2'de görülmektedir.

Çizelge 2. ST37-2 yapı çeliğinin mekanik özellikleri [5]

| Çelik Kalite Sembolü | Mekanik Özellikleri | | | |
|----------------------|---------------------------|---|------------------|-----------|
| | Akma Mukavemeti Re (min.) | Çekme Mukavemeti Rm (2) N/mm ² | Uzama A (%) min. | be Dayanı |

| | N/mm ² | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|-----|--------|-------------|-------------|----|----|------|----|---------|---------|---------|---------|--------|----|--------|
| | d (mm) | | d (mm) | | A80 | | A5 | | | | | | | | | |
| EN 10027-1 / CR 10260 | EN 10027-2 | ≤16 | >16 | <40 | >40 | <3 | >3 | ≤100 | >1 | >1 ≤1.5 | >1.5 ≤2 | >2 ≤2.5 | >2.5 <3 | ≥3 ≤40 | °C | J min. |
| S23 5JR 1.0 038 | 235 | 225 | 215 | 360 -510 | 360 -510 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 26 | 20 | 27 | | | |

Modelleme çalışmasında öncelikle Şekil 7’de görüldüğü gibi SolidWorks programıyla yalın bir katı model oluşturulmuştur. Simülasyon çalışmasında çözüm süresinden tasarruf etmek amacıyla arka koruyucu tampon ve bağlı olduğu şasinin bir bölümü üzerinde sonlu elemanlar ağı oluşturulmuştur. Gelişmiş sonlu eleman ağı oluşturma seçeneklerinden dolayı modellemenin bu aşamasında ANSYS programı kullanılmıştır. Çözüm ağı oluşturulan tampon modeli Şekil 8’te görülmektedir.

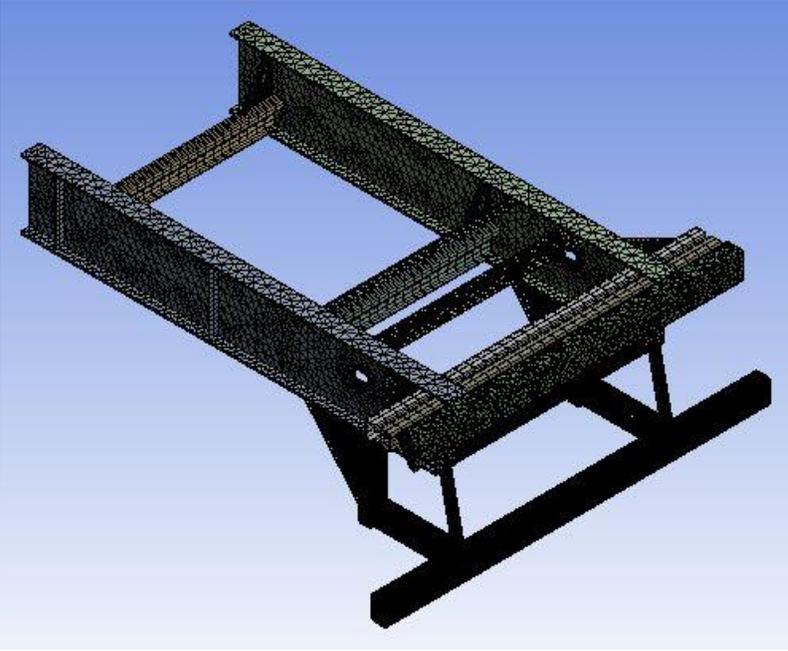


Şekil 7. SolidWorks’te tasarlanan silobas modeli.

Malzeme özellikleri ve sınır şartlarının tanımlaması LS Pre-Post programıyla gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan arka koruyucu tampon modeli 156784 katı elemandan oluşmaktadır.

Çarpışma simülasyonlarında kullanılmak üzere NCAC (National Crash Analysis Center) tarafından hazırlanan 1300 kg ağırlığında ve

270768 elemandan oluşan Dodge Neon binek araç modeli kullanılmıştır (Şekil 9) [6].



Şekil 8. Arka koruyucu çözüm ağının ANSYS'te oluşturulması.



Şekil 9. 1996 model Dodge Neon marka sedan araç modeli [6].

Araç modeli ve arka koruyucu tampon modeli aynı ortamda çalıştırılarak LS-Dyna programıyla çarpışma simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Çarpışma simülasyonları teorik ön çarpışma hızı (THIV) olan 44 km/h hız ile gerçekleştirilmiştir [7]. Bu simülasyonlar sonucunda hız ve ivme değerleri elde edilmiş, her bir model için ASI değerleri hesaplanmıştır.

ASI değerleri EN1317-2'de denklem (1)'deki gibi hesaplanmaktadır. Ancak bu çalışmada ASI değerini hesaplamak için TRAP programı kullanılmıştır [8].

$$ASI(t) = \left[\left(\frac{\bar{a}_x(t)}{20} \right)^2 + \left(\frac{\bar{a}_y(t)}{15} \right)^2 + \left(\frac{\bar{a}_z(t)}{17} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

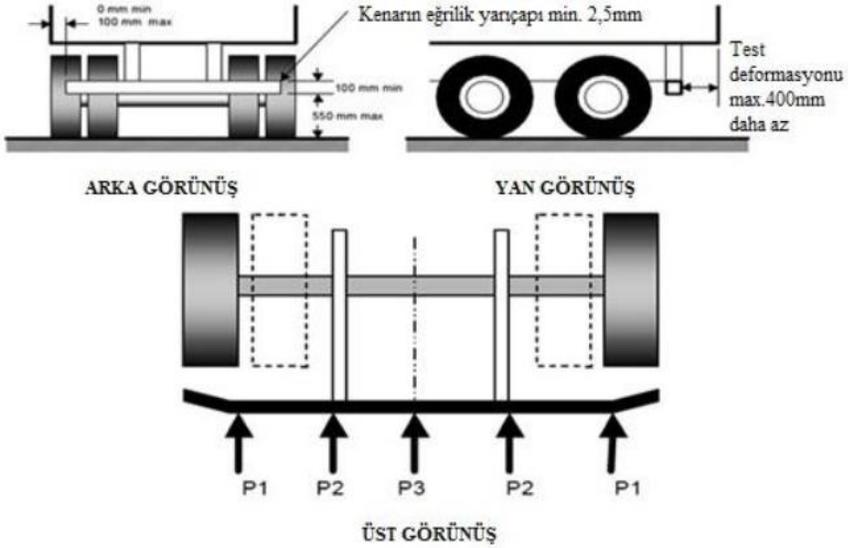
$\bar{a}_x(t)$: X yönündeki maksimum ivme değeridir.

$\bar{a}_y(t)$: Y yönündeki maksimum ivme değeridir.

$\bar{a}_z(t)$: Z yönündeki maksimum ivme değeridir.

Formülde belirtilen 20, 15 ve 17 değerleri 3 nokta bağlantılı emniyet kemerleri için geçerlidir [7].

Ağır taşıt arka koruyucu tamponlarının yeterlilikleri UN ECE R58 yönetmeliğine göre değerlendirilmektedir. Bu yönetmelikte koruyucu tamponlar Şekil 10'da gösterilen noktalardan yapılan statik yüklemelere göre değerlendirilmektedir [9]. Ancak bu çalışmada koruyucu tamponun performansının değerlendirilmesinde çarpışma simülasyonları tercih edilmiştir.



Şekil 10. UN ECE R58 arka koruyucu yönetmeliği

Bu çalışmada yapılan simülasyonlara ait bilgiler özet halinde Çizelge 3'te görülmektedir.

Çizelge 3. Simülasyon şartları

| Simülasyon kodu | Sac kalınlığı | Araç modeli | Çarpışma açısı ve hızı |
|-----------------|---------------|-----------------|------------------------|
| Simülasyon 1 | 0.8 mm | 1996 Dodge Neon | Tam Örtüşme 44 km/h |
| Simülasyon 2 | 1 mm | 1996 Dodge Neon | Tam Örtüşme 44 km/h |

| | | | |
|-----------------|--------|--------------------|------------------------|
| Simülasyon 3 | 1.2 mm | 1996 Dodge Neon | Tam Örtüşme 44 km/h |
| Simülasyon 4 | 1.5 mm | 1996 Dodge Neon | Tam Örtüşme 44 km/h |
| Simülasyon 5 | 2 mm | 1996 Dodge Neon | Tam Örtüşme 44 km/h |

3. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Arka koruyucu testi süresince ve sonrasında, arka koruyucuya çarpan araç kabin bölümünde bulunan sürücü ve yolcuların en az hasarla çıkması istenmektedir. Bunun gerçekleşebilmesi için, çarpışma esnasında ortaya çıkan enerjinin, arka koruyucu tampon ve araç ön kısmı tarafından emilmesi gerekmektedir.

Çalışma sonuçları değerlendirilirken EN 1317-2’te belirtilen yaralanma indeksi ASI değerinin üst limiti olan 1.4’ten küçük olması hedeflenmiştir.

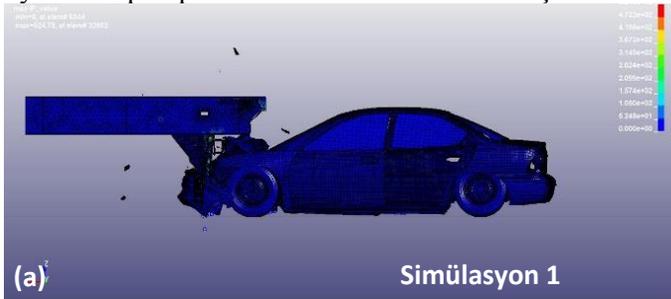
Yapılan çalışmada değişken olarak belirlenen sac kalınlığı 0.8 mm’den 2.0 mm’ye kadar artırılarak bir dizi çarpışma simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Analiz sonrası görüntüler Şekil 11’de verilmiştir.

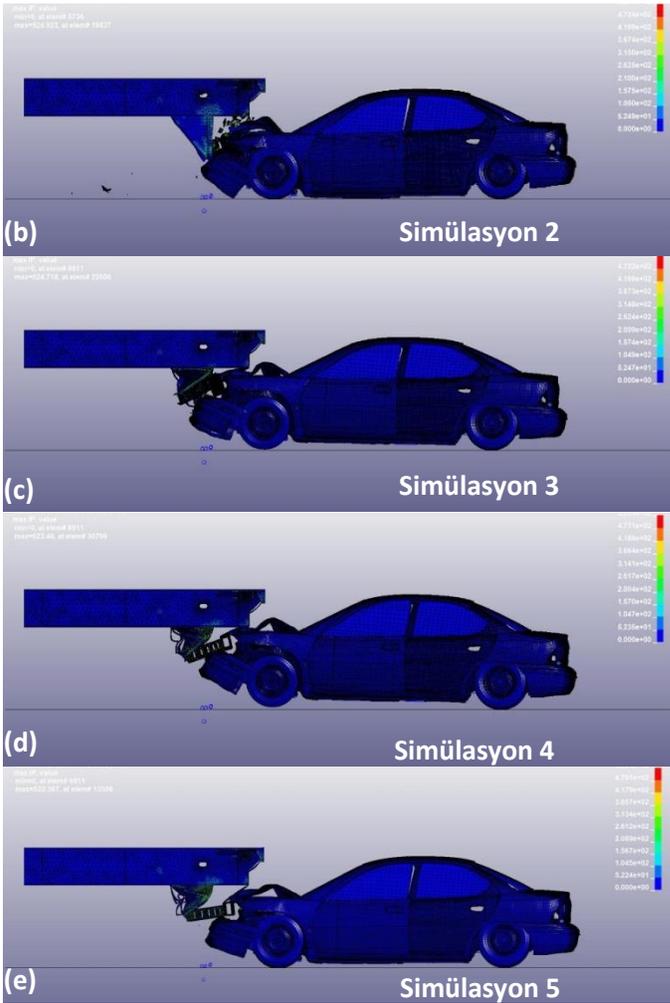
Şekil 11 incelendiğinde bütün simülasyonlarda binek araç, ağır taşıt şasisinin altına girmemiş, yolcu kabininde yolculara zarar verecek bir deformasyon oluşmamıştır. Ağır taşıt arka koruyucu tampon ve binek aracın ön kısmı deforme olarak çarpışma sırasında oluşan darbe etkisini sönümlemiştir.

Yapılan simülasyonlardan elde edilen ASI değerleri Şekil 12’de görülmektedir. 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0 et kalınlığında elde edilen ASI değerleri sırasıyla 1.4, 1.25, 1.36, 1.47, 1.58’dir.

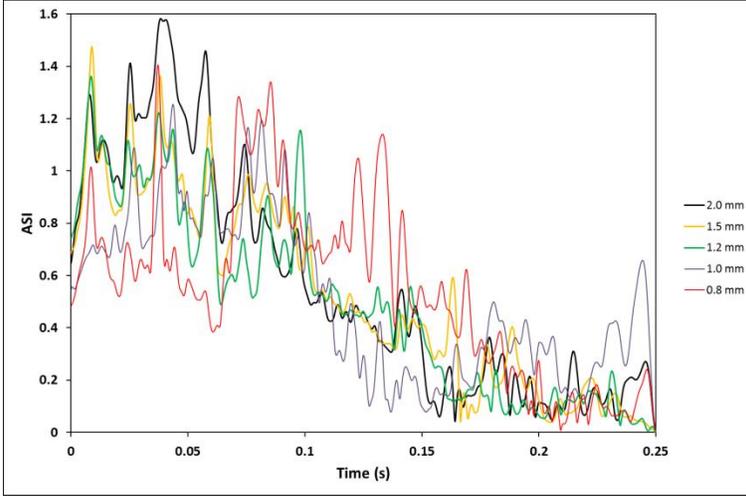
4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada LS Dyna sonlu elemanlar analiz programıyla yapılan simülasyonlarda değişken olarak belirlenen et kalınlığının değişiminin koruyucu tampon performansına etkisi incelenmiştir.



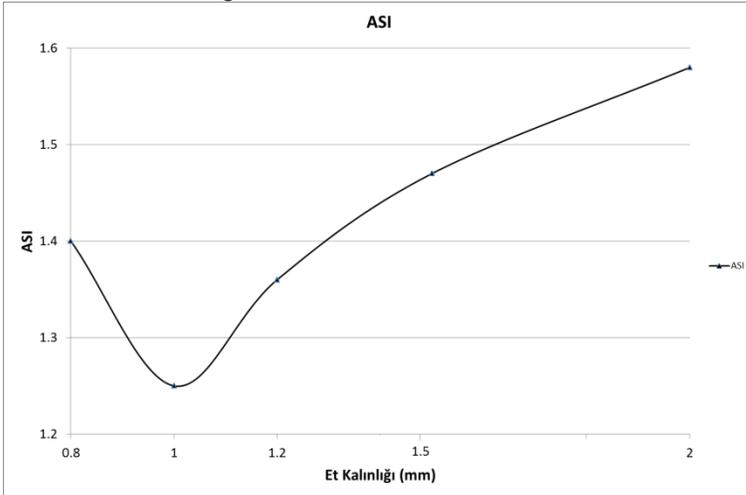


Şekil 11. Simülasyon sonrası görüntüler (a) Simülasyon 1, (b) Simülasyon 2, (c) Simülasyon 3, (d) Simülasyon 4, (e) Simülasyon 5



Şekil 12. Simülasyonlardan elde edilen ASI değerleri

Simülasyonların sonucunda her bir et kalınlığı için elde edilen ASI değerleri Şekil 13'te görülmektedir. Bu tasarımlar arasında et kalınlığı azaldıkça ASI değerinin de azaldığı görülmektedir. Ancak, 1.0 mm'den daha ince sac kullanıldığında ASI değerinin arttığı görülmektedir. Bunun nedeni, 3 numaralı parçanın mukavemetinin azalması, buna bağlı olarak ortaya çıkan enerjinin sistemdeki daha rijit olan parçalar tarafından sönümlenmesi olarak gösterilebilir.



Şekil 13. Et kalınlığına göre ASI değerinin değişimi

Farklı boyut ve farklı malzemelerle arka koruyucu tasarımlarının araştırılması önerilmektedir.

Kaynaklar

1. Çancı, M. ve Erdal, M. (2003). Taşımacılık Yönetimi. İstanbul: UTİKAD (Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenler Derneği).
2. <http://www.dogurehberi.com/asayis/boluda-otomobil-tira-arkadan-carpti-2-yarali-h1304735.html> (Ziyaret Tarihi: 21.04.2018)
3. <http://www.haber7.com/karabuk/1710442-kaza-nedeniyle-park-eden-tira-otomobil-carpti-1-olu> (Ziyaret Tarihi: 21.04.2018)
4. Atak L., Aktif ve Pasif Güvenlik Sistemleri, Otomotiv Bilim ve Teknoloji Topluluğu,
http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/hava_yastik/Aktif_Ve_Pasif_Guvenlik_Sistemleri.htm (Ziyaret Tarihi: 21.04.2018)
5. http://www.yucelboru.com.tr/images/uploads/d2c783cb410f4cf2b4f026dd4df58a81_ts-en-100252.pdf (Ziyaret Tarihi: 18.03.2017)
6. FHWA/NHTSA National Crash Analysis Center, Finite Element Model of Dodge Neon ver.7, 2018
7. TS EN 1317-2 Yol Kısıtlama Sistemleri – Kısım 2: Performans Sınıfları, Vuruş Testi Kabul Kriterleri ve Güvenlik Bariyerleri için Test Metodları
8. TRAP 2002, Test Risk Assesment Program Version 2.2 Texas Transportation Institute.
9. UN ECE R58 Revision 2
<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r058r2e.pdf> (Ziyaret Tarihi: 18.03.2017)

RÜZGÂR TÜRBİNİ KALDIRMA APARATI OPTİMİZASYONU, TASARIMI VE SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

Optimization, Design and Finite Elements Analysis of Wind Turbine
Lifting Apparatus

Başar HARBALÍ & Prof.Dr. Ahmet YAPICI

1. Giriş

Sözlük anlamı, sandık ve balya gibi yükleri kaldırmaya yarayan araçlar olan vinçler, bir taşıma elemanına asılı olan yükü kaldırmaya ve çeşitli yönlerde hareket ettirmeye yarayan kaldırma ve taşıma makineleridir. Esasında vinçler yükleri kaldırıp sadece tek bir yöne ileten basit makineler; krenler ise öteleme ve dönme hareketi de yapabilecek şekilde yükleri istenilen her yöne taşıyabilen kaldırma makineleridir. Ancak genel olarak krenler de vinç olarak ifade edilmektedir [1].

Ajinkya (2014), ANSYS kullanarak kule vinç kolunu statik ve dinamik yükler altında analiz etmiştir. Sonuç olarak rüzgâr yükünün önemli bir kriter olduğu tespit edilmiştir. Analitik hesaplarla sonlu elemanlar analiz sonuçları çok yakın çıkmıştır [2].

Kirişler, levhalar ve şaftlar, günlük hayatta sıklıkla karşılaşılan makinelerin ve yapıların temel bileşenleridir. Bu bileşenler düzgün ve etkili bir şekilde çalışmalı ve mekanik yüklere karşı dayanıklı olmalıdır. Bu parçaların bütünlüğü, aşırı yükleri ve deformasyonu önlemek için yeterli mukavemet tasarımıyla sağlanmalıdır. Bu bölümün amacı, her bir parçası için tipik olan yüklere maruz kalan kiriş, levha, şaft vb. bileşen parçalarının sonlu eleman analizlerinin nasıl yapıldığını göstermektir. Sonlu eleman analizlerinin sonuçlarının geçerliliği, deneyler veya esneklik teorisi ile elde edilen sonuçların karşılaştırılmasıyla tartışılmıştır [3].

Daha önce yapılan çalışmalarda, kule vincin tüm parçaları Solidworks'te tasarlanıp Ansys programında kule vincin sadece kritik parçalarının gerilme ve total deformasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Vinç kolunun başlangıcına, ortasında ve en ucuna farklı zamanlarda asılan farklı ağırlıktaki yüklerle vinç kolunun dayanıklılığı ölçülmüştür. Arka kuyruk kısmının denge taşlarına karşı mukavemeti için konstrüksiyonu analiz edilmiştir. Kancanın yüke dayanımı ölçülmüştür [4].

Bu çalışmada, spesifik imalatlar için güvenli kaldırma aparatı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Standart dışı bir yükü kaldırmak için başvurulmuş bir dizi yöntemler, çözümler ve tasarımlar incelenmiştir. Rüzgâr türbini kulelerini kaldırma aşamasında, Ana Kaldırma ve Yönlendirme Aparatı

tasarlanmıştır. Kulenin ağırlığı yaklaşık 65853 kg olup, 1 adet kule ve mobil vinç yardımıyla, 2 adet Ana Kaldırma, 1 adet Yönlendirme Aparatı ile kaldırma işlemi yapılmaktadır.

Kaldırma aparatları 3D katı model tasarımında kullanılan Solidworks programı ile tasarlanmıştır. Ansys paket programı ile sonlu elemanlar analizi yapılarak toplam deformasyon ve gerilme analizleri gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar irdelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Gerçekte ürün tasarlama ve CAD iki ayrı adımdır. Bilgisayar destekli tasarım araçları bu süreci kolaylaştırmak için kullanılır. Paket programlar ürün tasarımı ve analiz sürecinde hedefimize ulaşmamızda bizlere ışık tutarlar. Bu programlar sayesinde, numuneler imal etmeden sanal ortamda tasarımlar yapılabilir, modeller analiz edilip güvenli olup olmadıkları test edilebilir. Bu çalışmada; ürün tasarlama sürecinde Solidworks paket programı kullanılmıştır. Solidworks programı ile Ana kaldırma ve Yönlendirme aparatları tasarlanmıştır. Farklı sınır şartları altında, 60-70-80-90 mm parça kalınlıkları ile 5-10-15-20 mm kaynak kalınlıkları tek tek ele alınarak Solidworks paket programıyla 3D katı model tasarımları yapılmıştır. Tasarlanan ürünlerin testleri Ansys paket programı ile sonlu elemanlar analizleri yapılmıştır. Güvenlik katsayısı, işçi sağlığı ve iş güvenliği tüzüğü 376. maddeye (Kaldırma makinaları, kabul edilen en ağır yükün en az 1,5 katını, etkili ve güvenli bir şekilde kaldıracak ve askıda tutabilecek güçte olacaktır) göre belirlenmiştir.

Tasarımın imalatı için malzeme seçerken, mekanik, kimyasal, termal, elektrik iletkenliği, ısıl işlem, manyetiklik, optiklik, ekonomiklik özellikleri gibi malzeme ayırt etme özelliklerinden, önemli olan mekanik, kimyasal, ısıl işlem ve ekonomiklik özellikleri üzerine yoğunlaşmıştır. Kaynak edilebilirliği, ekonomik özellikleri, kolay ve hızlı temin edilebilmesi bakımından ince taneli yüksek mukavemetli yapı çelikleri sınıfında yer alan S235JR+N, S275JR+N ve S355JR+N malzemeler tasarım için uygun mekanik ve ısıl işlem özelliğine sahiptir. Bu malzeme çeşitlerinden S235JR+N 235 MPa akma dayanımına, S275JR+N 275 MPa akma dayanımına, S355JR+N 355 MPa akma dayanımına sahiptir. İnce taneli yüksek mukavemetli yapı çeliklerinden olan S355JR+N malzemenin seçilme nedeni üstün akma dayanımına sahip olmasıdır. Ayrıca sökülemez bağlantı çeşitlerinden olan kaynaklı birleştirmeye elverişlidir. Malzemenin normalizasyonlu olması ise, iri taneli yapının ince taneli yapıya getirilerek malzemenin normal yapısını kazanmasını sağlamıştır. S355JR+N malzeme toz altı ve gaz altı kaynaklı birleştirme yöntemleriyle imal edilmeye uygun bir malzeme olması, imalatın seri ve ekonomik gerçekleşmesini sağlamaktadır.

3. Bulgular

Ana kaldırma ve Yönlendirme aparatlarının tasarımı aşamasında sınır şartı olarak üst parça kalınlıkları 80 mm olarak tasarımıda yerini almıştır. Böylece referans noktası belirlenmiştir ve 5-10-15-20 mm kaynak kalınlığı ve 60-70-80-90 mm alt parça kalınlığı parametrelerinin sağlıklı değerlendirilebilmesine olanak sağlanmıştır. Değişken parametreler kullanmak, belirtilen sınır şartları içerisinde nihai ürünün imalatı sırasında optimizasyon evresinde ışık tutmuştur.

Ana kaldırma aparatı analizlerinde; ana kaldırma aparatı üst parçası kalınlık değeri sınır şartı gereği sabit tutulmuş, kaynak kalınlığı değişken olarak kabul edilmiştir. Güvenlik katsayısı: 1,5 olarak kabul edilmiş, her bir kaldırma aparatı 500 kN ile analiz edilmiştir ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. (Çizelge 1.)

Çizelge 1. Ana Kaldırma Aparatı Gerilme Analizi Sonuçları

| Ana Kaldırma Aparatı Alt Parçası Kalınlığı(mm) | Tasarım ın Ağırlığı (kg) | Ana Kaldırma Aparatı Üst Parçası Kalınlığı(mm) | Kaynak Kalınlığı (mm) | Max. Gerilme (MPa) |
|--|--------------------------|--|-----------------------|--------------------|
| 70 | 146,5 | 80 | 5 | 625,17 |
| 70 | 146,72 | 80 | 10 | 403,29 |
| 70 | 147,12 | 80 | 15 | 376,83 |
| 70 | 147,73 | 80 | 20 | 309 |

S355JR+N malzeme değerlendirildiğinde mekanik özellikleri göz önünde bulundurularak 355MPa'ın üstünde olan değerlerin emniyetsiz olduğu tespit edilmiştir. 5-10-15 mm kaynak kalınlıkları bu durumda emniyetsiz bir tasarım oluşturmaktadır. 20 mm ise emniyetli tasarımlar meydana getirmektedir.

Yönlendirme aparatı analizlerinde; yönlendirme aparatı üst parçası kalınlık değeri sınır şartı gereği sabit tutulmuş, kaynak kalınlığı değişken olarak kabul edilmiştir. Güvenlik katsayısı: 1,5 olarak kabul edilmiştir ve 150 kN ile analiz edilmiştir, sonuçlar aşağıdadır. (Çizelge 2.)

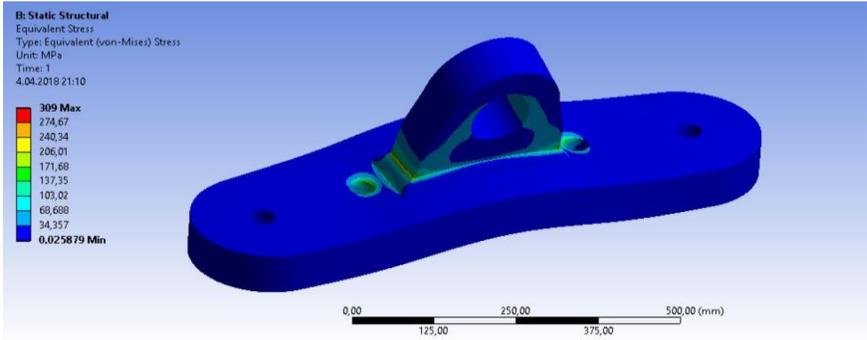
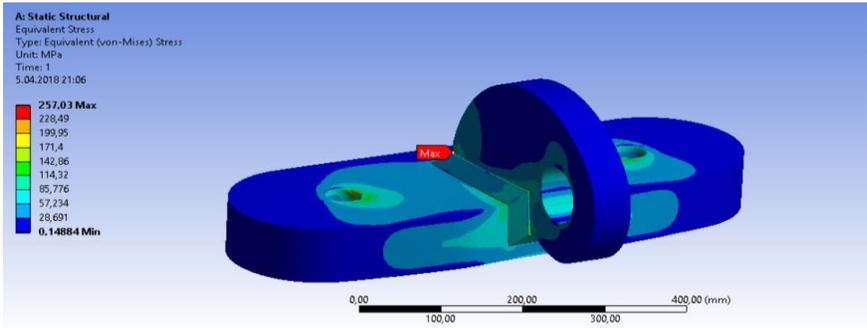
Çizelge 2. Yönlendirme Aparatı Gerilme Analizi Sonuçları

| Yönlendirme Aparatı Alt Parçası Kalınlığı(mm) | Tasarım ın Ağırlığı (kg) | Yönlendirme Aparatı Üst Parçası Kalınlığı(mm) | Kaynak Kalınlığı (mm) | Max. Gerilme (MPa) |
|---|--------------------------|---|-----------------------|--------------------|
| 80 | 113,25 | 50 | 5 | 468,02 |

| | | | | |
|----|--------|----|----|--------|
| 80 | 113,42 | 50 | 10 | 439,37 |
| 80 | 113,72 | 50 | 15 | 325,22 |
| 80 | 114,3 | 50 | 20 | 257,03 |

5-10 mm yönlendirme aparatı kaynak kalınlıkları emniyetsiz olup tasarımda kullanılması uygun değildir. 15-20 mm kaynak kalınlıkları emniyetli olup, tasarımda kullanılması uygun bulunmuştur.

Ansys sonlu elemanlar yöntemi ile Von-Misses Gerilme Analizi (Resim 1. ve Resim 2.) yapılmıştır.



ve 1 emniyetli yönlendirme aparatının inşaat sahada görünüşü, Resim 3. ve Resim 4.'te gösterilmiştir.



Resim 3. Ana Kaldırma ve Yönlendirme Aparatları



4. Sonuçlar

Tasarımı gereği silindirik yapıda olan rüzgâr türbini kuleleri, tavandan 2 adet kaldırma aparatı ve tabandan 1 adet yönlendirme aparatı ile kaldırılmıştır. Kulelerin güvenli montajlanabileceği uygun bir tasarım gerçekleştirilmiştir (3D tasarım Solidworks programı ile yapılmıştır). Kulenin ağırlığının neredeyse hepsini taşıyacak olan ana kaldırma aparatı, 65853 kg yükü taşıyabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu çalışma yapılan analizlerin neticesinde, güvenlik katsayısı 1,5 olan emniyetli kaldırma aparatlarının imalatlarına ışık tutmuştur.

Sökülemez birleştirme yöntemlerinden kaynak ile birleştirilen ve 2 parçadan oluşan aparatlarımızın kaynaklarının analizleri Ansys paket programı vasıtasıyla yapılmıştır. Aparatların malzemeleri 355 MPa akma dayanımına sahip ince taneli yüksek mukavemetli S355JR+N olarak kullanılmıştır. Aparat alt parçalarının ve kaynak kalınlıklarının tüm olasılıklarının değerlendirildiği çalışmada, Von-Misses en büyük gerilme analizi yardımıyla nihai ürün ortaya çıkmıştır. Veriler, emniyetli (355 MPa akma dayanımı altındaki analiz sonuçları) ve emniyetsiz (355 MPa akma dayanımı üstündeki analiz sonuçları) şekilde sınıflandırılmıştır. Emniyetli ve maliyeti düşük olan tasarımın imalatı, yani Ana kaldırma aparatı için kalınlık 70 mm – kaynak kalınlığı 20mm olarak, Yönlendirme

aparatu için kalınlık 80 mm - kaynak kalınlığı 15 mm olarak gerçekleştirilmiştir.

Aparat optimizasyon sürecinde, üst parçalarına herhangi bir perno veya halat monte edilmesi durumunda, Ana kaldırma ve Yönlendirme aparatu üst parça deliklerinin aşınmaması için burç imal edilip aparatlara montaj edilmesi gerekmektedir. Kaynak kalınlığı dışında parça kalınlıkları veya farklı malzeme kullanımının sonuçları nasıl etkilediğinin araştırılması önerilir.

Kaynaklar

[1] Urul, H., Yapı İşyerlerinde Kullanılan Vinçlerle Yapılan Çalışmalarda Alınması Gereken İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri, İstanbul, 2, 9-13, (2013).

[2] Karpe A., Karpe, S. and Chawrai, A., “Validation of Use of Fem (Ansys) for Structural Analysis Of Tower Crane Jib And Static And Dynamic Analysis of Tower Crane Jib Using Ansys”, International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE), 1(4), 69, (2014).

[3] Stolarski T., Nakasone Y., Yoshimoto S., “Application of ANSYS to stress analysis”, Engineering Analysis with ANSYS Software (Second Edition), 2018, Pages 51–163

[4] Kökcü, İ., “Kule Vinci Tasarımı ve Analizi” Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, Ocak-2015

INVESTIGATION OF BEHAVIOR OF METAL OXIDES DURATION MELTING IN GLASS PRODUCTION

Kemal KÖSEOĞLU*

1. Introduction and Objective

The sand which is used for the production of the lead glass in Paşabahçe-İstanbul comes from the western Black Sea area and is stored in depots in Thrace.

After all preparatory work, such as grinding, cleaning and separating, which have been carried out in the storage facilities, the sand is transported to the glass factory. We were sent a sample of this sand, so that we could carry out the investigations that we planned.

It had been observed during production of the glasswork that contaminants coming from the sand adversely altered the surface of the glasses. Therefore, these contaminants should be isolated from the sand and subjected to special investigations to determine their properties.

Because of that, the following characteristics of the sand were investigated: Moisture content, density, grain size distribution, chlorine content and metal oxidised impurities separated from the sand.

1. Magnetic method: Since Fe and Mn compounds have magnetic properties, these compounds could be selected with a permanent magnet.

2. Density determination: With the liquid pycnometer, the other compounds are separated from the sand.

Then the minerals found were analyzed by X-ray diffraction and the X-ray fluorescence methods to determine the exact mineral composition of selected compounds.. Then the minerals isolated from the sand were melted with leaded glass under different temperatures and at different times and cooled in a controlled manner.

After that, the samples were examined under the microscope for grain structure, grain environment and color change. The color of the glass was examined by means of a UV spectrometer to determine the tinting ions and the valence of these color ions.

2.1. Determination of moisture content

In order to determine the moisture content of the sand originating from Turkey, the sand was weighed before the experiments were carried out and dried in a drying oven at 110 °C for 24 hours.

The sand was then cooled to $T_a = 22$ °C, weighed once more and found that the mass difference by 29 g, 65.2 g and 192.9 g were less than

* Asst. Prof. Dr.; Ege University

before drying. From this the moisture contents could be determined.

Table 2.1 The results of moisture analyses

| Sample | Wet weight (g) | Dry Weight (g) | Loss (g) | Moisture (Ma %) |
|--------|----------------|----------------|----------|-----------------|
| 1 | 500 | 471 | 29 | 5.8 |
| 2 | 1000 | 934.8 | 65.2 | 6.52 |
| 3 | 3000 | 2807.1 | 192.9 | 6.43 |

They were 5.8 Ma%, 6.52 Ma% and 6.43 Ma%. The mean value of the water content was 6.25 Ma%.

2.2. Determination of grain size distribution:

There are various methods for determining the particle size distribution:

1. Sedimentation,
2. Sieving method and
3. Swift methods.

Here, the sieving method was chosen and five different classes were used. (0.5 <mm, 0.5 mm-1 mm, 1 mm-2 mm, 2 mm-4 mm and > 4 mm). The equipment of the company KÖTTERMEN (shaking machine) and a test sieve according to DIN 4188 were used. The experiment was carried out as follows. For this purpose, test sieves according to DIN 4188 with a diameter of 30 cm were used. The entire sand was placed in the top sieve. There were five superimposed sieves, with the smallest grain diameters at the bottom. After entering, the sieves were shaken with the machine (KÖTTERMAN), so that the sand was shaken, and the sand parts with the largest diameters in the upper sieve and the sand parts with the smallest diameters in the bottom sieve. Subsequently, the sand parts were weighed in each of the seven. In this way, it was possible to make percentages of the individual classes.

Table 2.2 The result of sieve analysis of the sand (by mass)

| Grain size (mm) | Weight (g) | Weight per cent (%) |
|-------------------|--------------|-----------------------|
| < 0.5 | 706.5 | 12.71 |
| 0.5 - 1.0 | 2536.4 | 45.65 |

| | | |
|-----------|--------|-------|
| 1.0 - 2.0 | 1574.8 | 28.34 |
| 2.0 - 4.0 | 231.8 | 4.17 |
| > 4.0 | 498.1 | 8.96 |

2.3. Determination of the chlorine content

After moisture determination, the chlorine content of the sand was determined because the sand is extracted from the immediate coastal area. It was necessary to carry out the experiment with consideration of the grain size distribution. To get accurate results, the experiment was done three times.

For this, 10 g of sand was washed with 100 ml of distilled water 3 times. After washing, the amount was filtered. Subsequently, $\text{AgNO}_3 + \text{HNO}_3$ was gradually dripped into the filtered water until it became a milky appearance. Now it was checked whether the water still contains Cl ions. This was done by further ($\text{AgNO}_3 + \text{HNO}_3$) drops in the upper part of the water. It showed a whiteness, so that experiment could be carried on. A little later, the solution was filtered again. This time, not the water but the AgCl remaining in the filter paper was dried at 80°C 2h in a drying oven and weighed. Subsequently, the measured values were evaluated.

The Cl ion content was found to contain 0.04 Ma%, 0.05 Ma% and 0.046 Ma% 0.046 Ma%. The mean value was 0.045 Ma% Cl-ions (see table 2.3). The theoretical chlorine content is calculated from:
 Ag: 107,868 g / mol
 Cl: 35.4521 g / mol
 AgCl: 143.3201 g/ mol

0.016 g AgCl , AgCl 0.021 g and 0.019 g AgCl were weighed from the sand. Accordingly, in these proportions 0.16g, 0.021g and 0.019 g AgCl are (0.016 g, $0.2469 = 0.04 \text{ Ma}\%$, 0.021, $0.2469 = 0.05 \text{ Ma}\%$, 0.019, $0.2469 = 0.046 \text{ Ma}\%$)

Table 2.3 The amount of chlorine in sands that classified by grain size.

| Grain size | < 0.5 mm | 0.5 - 1 mm | 1mm - 2 mm |
|------------------------------------|----------------------------|------------|------------|
| AgCl (g) | 0.016 | 0.021 | 0.019 |
| Cl (Ma %) | 0.04 | 0.05 | 0.046 |
| MW of chlorine content (Ma % Geh.) | 0.045 Ma % Cl ⁻ | | |

The average value contained in the sand is 0.045 Ma% chlorine.

2.4. Determination of the density of the sand

In order to classify the sand, an experiment was conducted to determine the density. For this purpose, an air comparison pycnometer from Beckman Instruments GmbH and Model 930 was used. Here, the particle distribution volume was measured every five times and subsequently are averaged.

Before determining the volume, an exact mass determination of the samples to be examined is necessary. An analytical balance is used for this purpose. From the values obtained for mass and volume according to the equation:

Table 2.4 The results of density analysis of sand classified in grain size.

| Grain Size (mm) | Weight (g) | Volume (cm ³) | Volume(cm ³) | Density(g/ cm ³) |
|-----------------|-------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 0.5 < mm | 17.531 5 | V1= 6.61 V2= 6.64 V3= 6.69 | V = 6.6466 | g = 2.6374 |
| 0.5 - 1.0 mm | 29.187 5 | V1=11.00 V 2= 11.18 V3=11.26 | V = 11.1466 | g = 2.6184 |
| 1.0 - 2.0 mm | 32.643 5 | V1=12.35 V2=12.37 V3=12.39 | V = 12.37 | g = 2.6389 |
| 2.0 - 4.0 mm | 24.830 7 | V1= 9.22 V 2= 9.26 V 3= 9.27 | V = 9.2433 | g = 2.6863 |
| > 4.0mm | 28.719 3 | V1=10.75 V 2=10.76 V 3=10.76 | V = 10.76 | g = 2.6699 |

The mean value was thus $g = 2.6508 \text{ g / cm}^3$

By comparing the calculated density values with the literature values, the sample was identified as low quartz (liter density = 2.65 g / cm^3).

2.5 X-ray examination of the sand

The five sieve fractions were subjected to X-ray analysis of motion. Here, the measured values were recorded in a diagram. Based on this diagram, the readings were compared with those from the ASTM chart (1). It turned out that it was definitely deep quartz. In addition, other impurities except sand were observed using the graph. The observed foreign substances are discussed in more detail in the next chapters (see diagram (2.3.4)).

2.6 Separation of raw materials in the sand.

Two methods were used to separate the raw materials in the sand. The first step was to separate the magnetic minerals from the sand using a magnet. Second, the non-magnetic residual contaminants were separated from the sand using the liquid density separation method.

Diiodomethane (CH_2I_2) was chosen as the liquid because its density is the largest among liquids ($\rho = 3.31 - 3.32 \text{ g / cm}^3$). In the process, the foreign substances accumulated with a density of over $\rho = < 3.31 \text{ g / cm}^3$ with the diiodomethane surface. Subsequently, the foreign substances were dried with a density of $\rho = 3.31 \text{ g / cm}^3$ at 80°C for 24 h in a drying oven.

So it was possible to evaporate the superfluous liquid. The next chapters will examine the minerals that make up the raw material and which are the main components of the raw material.

2.7 Determination of the raw material using X-ray diffraction analysis (XRD) and X-ray fluorescence analysis (XRF)

The foreign substances that have been obtained as described above, have been examined by the XRD and XRF method. To be able to identify the individual connections more easily. The selected foreign substances were examined one by one.

With the help of the ASTM file, manganese oxide and iron oxide were detected as the main components. Afterwards, the same experiments were performed on the parts using the liquid density method.

The result was that the main component this time was titanium oxide: this statement was repeated with the XRF and the results of the XRD confirmed.

2.8. The raw materials of a leaded glass.

The mixture of iron oxide, manganese oxide and titanium oxide that was analysed by XRD and XRF methods, was added separately to

the base glass and melted at various temperatures and times. This melting operation was carried out as follows.

Firstly, the type of glass was chosen. The glass had to be such that the viscosity is high and the coefficient of expansion is low so that it can be cast without difficulty at low temperatures. Lead glass from Rosenthal AG - Glasfabrik AMBERG was the best to suit for this purpose.

Table 2.5 Chemical analysis of lead glass

| Oxides | in Ma % |
|--------------------------------|----------------|
| SiO ₂ | 57.250 |
| Al ₂ O ₃ | 0.320 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.010 |
| B ₂ O ₃ | 0.210 |
| CaO | 1.580 |
| PbO | 26.560 |
| K ₂ O | 11.050 |
| Na ₂ O | 2.530 |
| As ₂ O ₃ | 0.490 |
| Total | 100.000 |

For the experiments four different times and six different temperature ranges were chosen.

First the glass was filled into the platinum hedgehog and then a few grains of iron oxide - manganese oxide mixture or titanium oxide were added. Then the platinum crucible was placed in the oven. At the initial temperature of 900 °C, the platinum crucible was left in the oven for 15 minutes. At the end of the 15 minutes, the platinum crucible was removed from the oven and poured immediately. At 570 °C, the cast

glass was then tempered for 2 h in a muffle furnace. In this way one reaches that existing gases and voltagas are removed. Only then is successful sanding and polishing of the glass possible.

The same experiment was performed at four different times (15 min, 30 min, 60 min, 120 min) at six different temperature ranges (900 °C, 1000 °C, 1100 °C, 1200 °C, 1250 °C). carried out as outlined above.

2.9 Microscopic examination of glass melts

I. The cast glass melt with the components found in the raw materials **manganese oxide** and **iron oxide** was examined after cooling to $T_a = 22$ °C under the microscope.

a) After a melting time of 15 min. When the glass melt 900 °C, 1000 °C, 1100 °C, 1200 °C and 1350 °C were cooled to $T_a = 22$ °C and grain structure, grain environment and color changes were observed.

b) Then, at a melting time of 30 min. In above-mentioned temperatures performed the same experiment.

- At 900 °C the grains did not melt and there was no color change, the glass remained clear. There were no more bubbles. The grains showed no reaction with the glass.

- Even at 1000 °C the grains did not melt. There was no color change. There were a lot of small bubbles in the glass, but also some big bubbles that were distributed in a swarm.

- At 1100 °C some grains began to melt. The grains were surrounded by a barely noticeable greenish or brownish yard. The shading ions diffused into the glass matrix.

- At 1200 °C, the grains melted, about 3/4 of their initial size. The color of the grains was greenish and yellowish. There were some bubbles of different sizes.

- At 1350 °C, the grains were completely melted. The color of the grains was dark brown, those of the environment yellowish green. The grains reacted with the glass matrix and the color of the glass became completely light violet. The bubble diameter has become larger and more uniform

c) Then the same experiment was again carried out at a melting time of 60 min at the abovementioned temperatures.

- At 900 °C, the grains didn't show any color, environmental, grain and melting of the grains..

- At 1000 °C, the grains were not melted. The grains were greenish but did not stain the glass. There were both big and small bubbles.

- At 1100 °C some grains were already clearly melted. The color of the grains was light brownish and those of the environment greenish.

Most of the bubbles are very small but there are also big bubbles that swarmy.

- At 1200 °C not all grains were melted yet. The color of the grains was partly greenish and partly yellowish. There were very few bubbles but many streaks. The glass remained colorless.

- At 1350 °C, the grains were melted. There were very few bubbles. The color of the grains was greenish to light reddish and the color of the glass became dark purple, telweise, partially bluish.

d) At a temperature of 1350 °C and a melting time of 120 min the grains were completely melted. The grains reacted quite clearly with the molten glass. This was noticeable by the color of the glass. The color of the glass turned purple, indicating that the metal oxide impurities react with the glass.

II) The cast glass melt and with the main component **titanium oxide** at $T_a = 22$ °C were examined under the microscope.

a) At a melting time of 15 min. the glass melt was at 900 °C, 1000 °C, 1100 °C, 1200 °C and 1350 °C cooled at $T_a = 22$ °C and examined for grain structure, grain environment, and color change of the glass melt. It turned out that there were no changes.

b) Subsequently, the same experiment was carried out at a melting time of 30 minutes at temperatures mentioned above.

- At 900 °C, 1000 °C and 1100 °C, the grains were not melted.
- There were no color changes.
- The glass was partly clear. But there were sometimes very small bubbles.

- The grains didn't show any reactions with the glass.
- At 1200 °C, very few grains were melted. The color of the grains were dark yellow or light brown. There were very few bubbles.

- At 1350 °C all grains were melted, the color of the glass was light violet. There were completely many large bubbles.

- The grains were no longer detectable.

c) At a melting time of 60 minutes and above temperatures, the same experiment was carried out.

- At 900 °C, 1000 °C and 1100 °C, the grains were not melted.
- There was no color, no grain structure and no grain change to observe.

- At 1200 °C, the grains were slightly melted. The grain color was dark yellow or brownish, the glass remained colorless. There were many bubbles.

- At 1350 °C all grains were melted. The color of the glass is dark purple, and in some places it is light purple.

- There were many big bubbles to see.

d) At a temperature of 1350 °C and a melting time of 120 minutes the grains were completely melted. The color of the glass was clear violet. This indicates that contaminating metal oxides react with the molten glass. There were only a few bubbles to see.

2.10 Spectroscopic investigation

The spectrometer analysis was carried out in the UV range for the ion, valence and coordination determination of the shading ions. Perlin Emler Lambda 9 NIR / UV / VIS spectrometer was used as the equipment. The device works on the two-beam principle, with

- **Radiation sources:** Range: 3200 - 319 nm halogen lamp
Range: 319 - 185 nm deuterium lamp
- **Monochromator:** Holographic grating

| | | | | | | |
|------|-------|---|----|----|---|-----|
| 1440 | lines | / | mm | uv | / | vis |
| 360 | lines | / | mm | | | NIR |

Detector: PbS - cell for range 3200 - 860 mm
Photomultiplier for range 860- 185 mm

The block diagram was as follows:

Before the spectroscopic examination, the sample was ground and polished to avoid scattering losses. The sample is examined in the spectral range UV-VIS - NIR. The ions present in the sample absorb a characteristic spectrum of the incident light. This characteristic absorption spectrum is recorded on a diagram.

Each ion has one or characteristic bands, which are given in the literature (Mackenzie (2)). The obtained values are compared with the literature values in which they are assigned to corresponding ions (see diagram and Table 13-14).

In general:

3. Summary of the results and discussion

I. The water content of the sand was determined for the individual supplies:

5.8 Ma%, 6.52 Ma% and 6.43 Ma%, resulting in an average water content of 6.25 Ma%

II. Then, the total amount of sand of 5547.6 g was examined by grain size distribution. The grain composition was determined by sieving with 5 meshes of sieves: (0.5 mm < 0.5 - 1 mm, 1 mm - 2 mm, 2 mm - 4 mm, > 4 mm). These values were entered in a diagram then (1).

III. Then the chlorine content of the sand was determined. For this purpose, the sand was taken with three different grain size distributions (< 0.5 mm, 0.5 mm - 1 mm, 1 mm - 2 mm). It has been found that they have approximately equal values. These are 0.05 Ma% Cl; 0.04 Ma% Cl; 0.046 Ma% Cl. The average chlorine content is 0.04 Ma%.

IV. To determine the density of the sand, the volume was measured in the sand with 5 different particle sizes and the average of these values was determined with the air comparison pycnometer in each case. Subsequently, the average of these values was determined. Then the average was divided by the mass of the sand. The mean was $g = 2.65018 \text{ g} / \text{cm}^3$. The found value of $2.65 \text{ g} / \text{cm}^3$ corresponds to that of the deep quartz.

V. XRD and XRF were used to analyze different grain sizes of the sand and to show that apart from low quartz, further peaks were observed. Besides deep quartz peaks, lines of some metal oxide contaminants were found, the oxides of iron, manganese and titanium.

VI. Separation of the oxidised components
With the help of magnetic separation, iron and manganese oxides were found in the sand. The use of heavy liquid, however, led to the separation of titanium oxide. Subsequently, the metal oxides found in the sand were examined by means of light spectroscopy for valence, and it was found that the ions were present in the following valences; Fe^{+2} , Fe^{+3} , Mn^{+3} , Ti^{+3} .

VII. Under the microscope or macroscopic it could be observed that the metal oxides have given the glass the green, yellow, light violet, dark violet, partly blue as well as bright brown colors. At the very low level of 0.045 Ma% Chlorine has no influence on the quality of the glass. Since chlorine and alkali metal salts evaporate at a temperature higher than $500 \text{ }^\circ\text{C}$, it is not expected to be installed in the network. In the examination with the microscope of glasses, which were melted at $1100 \text{ }^\circ\text{C}$, small and large bubbles and streaks are observed. These bubbles and streaks lower

the quality of the glass. They usually arise around the heavy metal oxide granules. The reasons for their emergence are:

- Streaks: - Insufficient homogenization of the glass.
 - low melting temperature or shorter melting time

Blowing: - defective loading
 - chemical reactions and decompositions

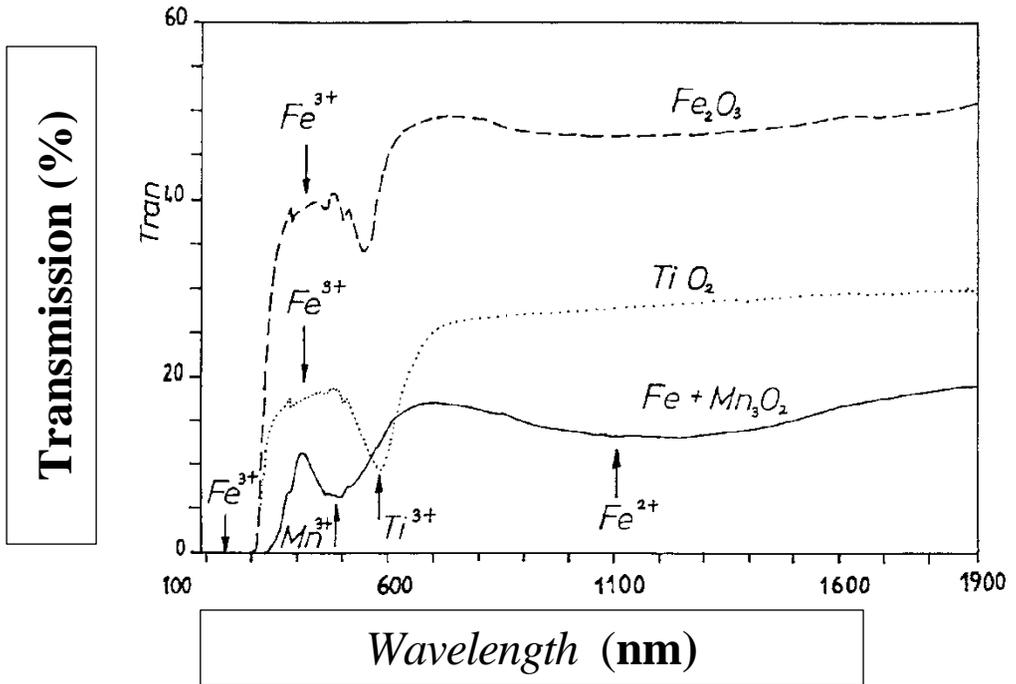
Release the dissolved or bound gas in the glass. To mention is that from a temperature of 1200 °C, a gradual homogenization are observed. Regarding to the grains, it can be said that they keep their size in the glass at temperatures of 900 °C, 1000 °C, 1100 °C. At this temperature range, no clear solution phenomena take place. It is striking that in the vicinity of grains abundant swarmy (small and large) bubbles are observed.

Only above 1200 °C does an observable reaction take place, which leads to hues around the heavy metal oxides. At a temperature of 1350 °C, all grains have already melted within 15 minutes. Firstly, the iron oxide melted. The color of the glass is first yellowish and then greenish.

This means that iron oxide reacts faster than manganese oxide at this temperature. Later melts manganese oxide. The color of the glass is now light purple. After every 15 minutes, it was observed that e.g. the center of the glass is dark purple and the edges are blue-colored. The reason for the blue color is. that Fe^{+2} is green and Fe^{+3} yellow, so that the formation of the blue color gives.

As a result, blue forms when absorbed in the green and yellow spectral regions. Z, B. Iron-manganese, titanium oxides dissolve only slowly in a lead glass. Only above a temperature of 1350 °C, the metal oxide granules are dissolved and are taken up by the network of glass in tetrahedral or octahedral configuration as tinting complexes. In order to avoid color effects, strongly colored oxides should only be present in quantities of <0.01%.

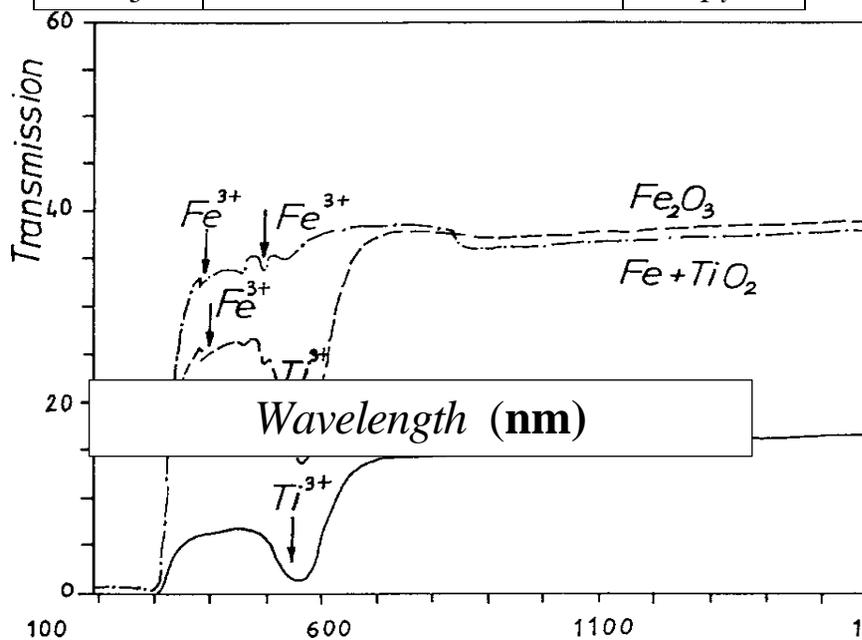
Since the oxides of iron and manganese can be separated with the magnet. A color can always be excluded if it is present in self-contained grain aggregates. For titanium oxide so far no economic separation methods of quartz sand are known. However, the content of this oxide is in most cases below the above limit.



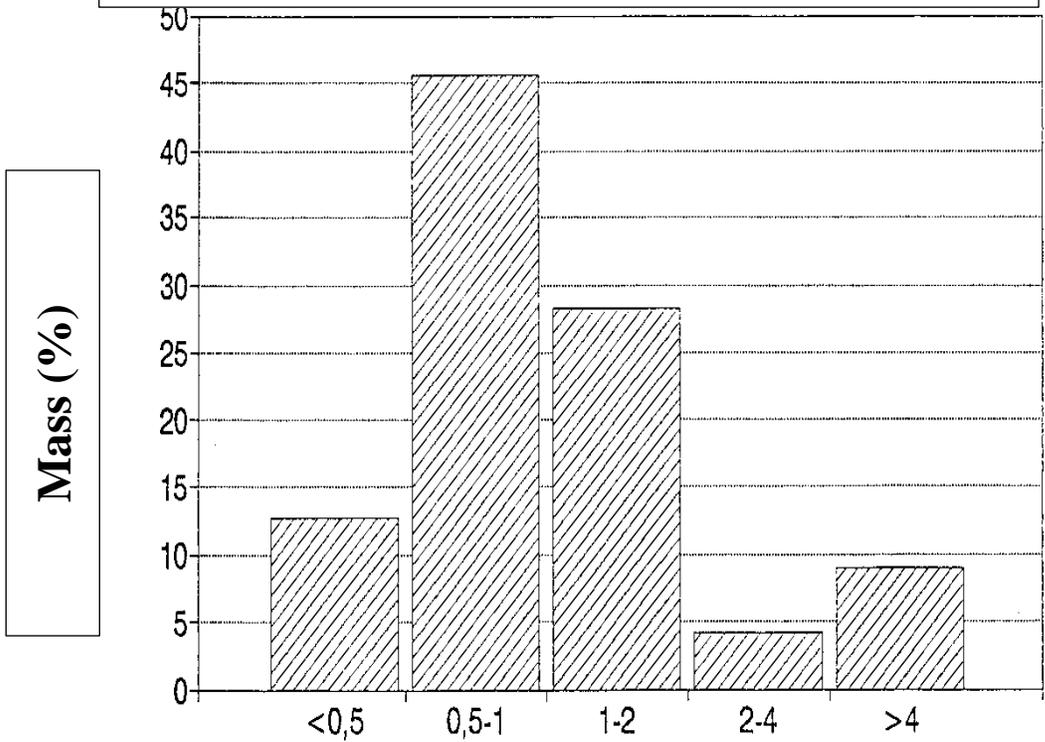
| Sample | Wavelength (nm) | Ion |
|--------|-----------------|-----------|
| 1 | 572,8 | Ti^{3+} |
| 2 | 380 | Fe^{3+} |
| 3 | 1100 | Fe^{2+} |
| | 480 | Mn^{3+} |

| Sample | Wavelength [nm] | Ion |
|--------|-----------------|-----|
| | | |

| | | |
|---|-----|-------------------|
| 1 | 553 | Ti^{3+} Ti |
| 2 | 380 | Fe^{3+} |
| 3 | 563 | Ti^{3+} |



Grain Size Distribution



Grain Size (mm)

XRD Analysis

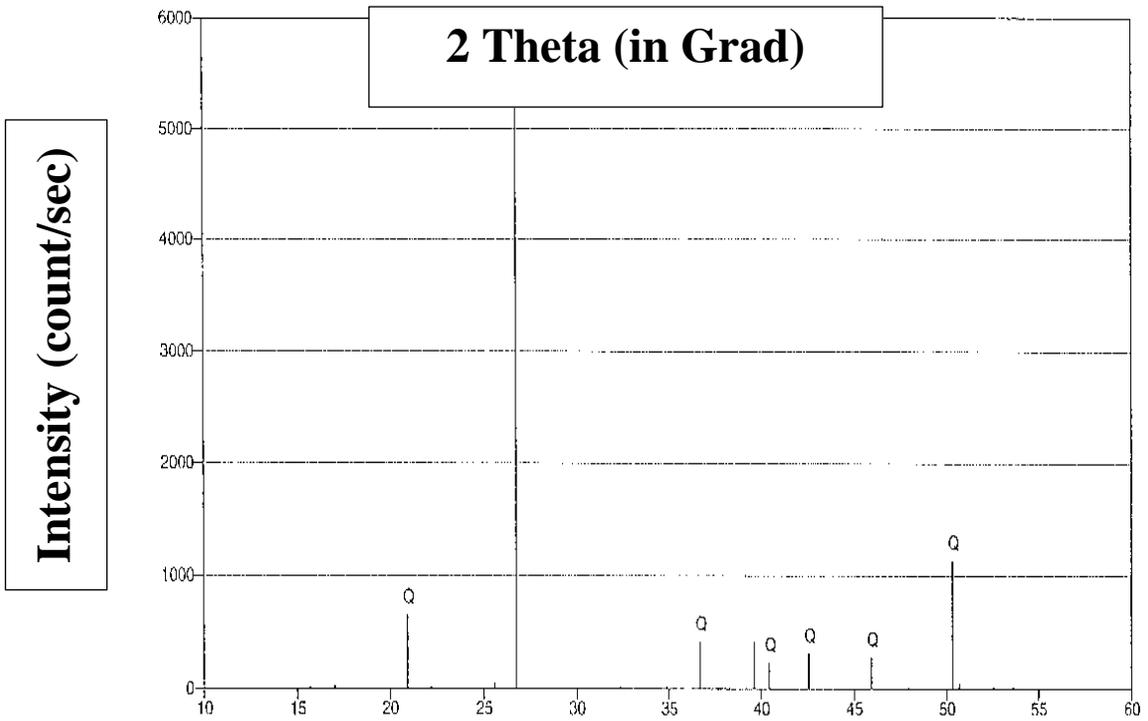


Figure 4. XRD patterns of sand with deep quartz and low quartz minerals.

Intensity (count/sec)

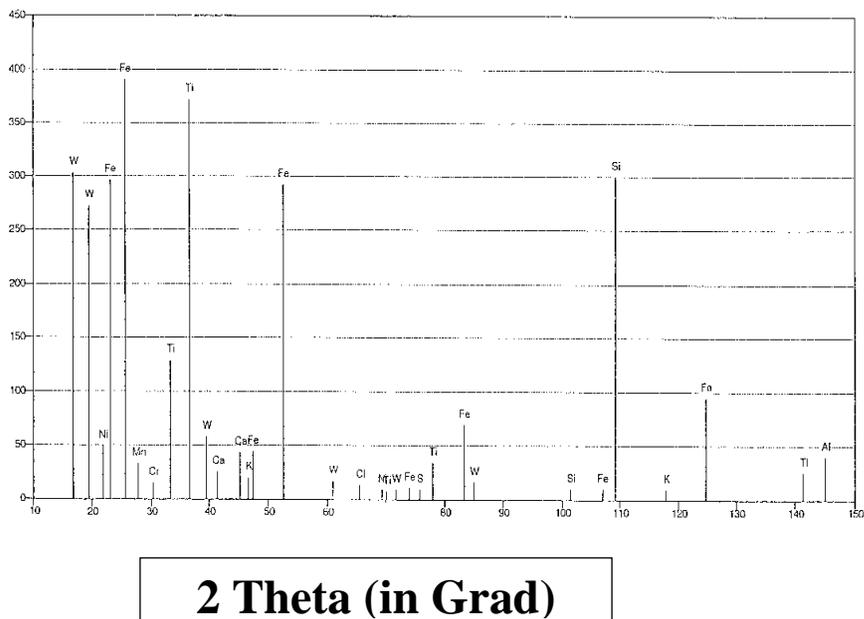


Figure 5. XRD patterns of sand showing metallic ions.

References

1. ASTM - Kartei (1)
2. Mackenzie, J.D. ed. Modern Aspects of the Vitreous state Vol 2.3
3. Butterworths, London 1962 (Seite 239 - 260)
4. W. Hinz, Silikate Band 1 VEB VERLAG für Bauwesen-BERLIN (Seite 213.215 und 216)
5. Kühne, Klaus (Akademie-Verlag-Berlin 1984 Seite 192 und 193)
6. Glastechnische Berichte (Zeitschrift für Glaskunde 1986 Seite 233)
7. .-Joachim Illig, ABC Glas VEB Deutsche für Grundstoff Industrie Leipzig (Seite 63)
8. Kocik, J., Nebrenski. J.; und Fanderlik, I Schmelzen von Farbgläser, Teil I Sprechsaal 117 (1984) S. 780-784
9. Kocik, J., Nebrenski J. und Fanderlik, I Färben des Glases,

Teil II Sprechsaal 118 (1985) S. 421-422

10. Kocik, J., Nebrenski J. und Fanderlik, I Färben des Glases, Teil II Sprechsaal 120 (1987) S. 586-588

11. Kocik, J., Nebrenski J. und Fanderlik, I Färben des Glases, Teil II Sprechsaal 120 (1987) S. 749-751

12. Kocik, J., Nebrenski J. und Fanderlik, I Färben des Glases, Teil II Sprechsaal 121 (1988) S. 42-44

13. Kocik, J., Nebrenski J. und Fanderlik, I Färben des Glases, Teil II Sprechsaal 121 (1988) S. 366-369

**PV PANELİNİN ALTINA SERBEST OLARAK
YERLEŞTİRİLEN SİYAH EMİCİ PLAKANIN TERMAL
KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ**

*Determination of Thermal Capacity of Black Absorber Plate that Freely
Placed to Beneath of the PV Panel*

Mustafa ATMACA* & İmdat Zafer PEKTEMİR
Ender YILMAZ*****

1. Giriş:

Enerji, hayatımızın önemli parçalarından biri fakat enerji kaynakları sınırlı. Yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanımı bu sorun için bir çözüm olabilir. Başlıca yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin uygulamaları iki ana bölümden oluşmaktadır. Birincisi PV paneller sayesinde elektrik üretimidir. Diğer türü ise, termal kolektörler sayesinde termal enerji üretimidir. Ayrıca bu alanda, fotovoltaik-termal (PV/ T) sistemler vardır. Bu sistemler, fotovoltaik panel ve ona entegre edilmiş ısı değiştirici ünitelerden oluşur.

Güneş pilleri yüksek güneş radyasyonuna maruz kaldığında daha fazla elektrik üretir, sıcaklığı arttığında verimi düşer. Sonuçlar, bir hibrit PV/T modülün elektrik üretiminin, artan panel sıcaklığı ile azaldığını göstermektedir [1].

İşte fotovoltaik-termal (PV/T) sistemler, artan PV panel sıcaklığını düşürmesinin yanısıra, farklı şekillerde enerji dönüşümlerine olanak sağlarlar. Bu sistemlerin başlıcaları, hava esaslı ve su esaslı sistemlerdir.

Bu çalışmada, bir su esaslı PV/ T sisteme entegre edilen siyah emici yüzeyin ısı kapasitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu ısı kapasite, güneş radyasyonu ile birlikte diğer meteorolojik değişkenlere doğrudan bağlıdır. Meteorolojik değişkenlere bağlı olarak, PV panellerin sıcaklığını belirlemek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, Muzathik [2], rüzgar hızının da hesaba katıldığı aşağıdaki formülasyonu ortaya koymuştur.

$$T_{\text{modul}} (^{\circ}\text{C}) = 0,943 \times T_{\text{amb.}} + 0,0195 \times \text{Irridance} - 1,528 \times \text{Windspeed} + 0,3529 \quad (1)$$

Bu formülasyonda, üç önemli meteorolojik parametre olan, hava sıcaklığı, güneş radyasyonu ve rüzgar hızına bağlı olarak modül sıcaklığının değişimi incelenmiştir.

* Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

** Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği (Türkçe) Anabilim Dalı Doktora Öğrencisi

*** Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi

Meteorolojik parametrelere bağılı olarak, artan panel sıcaklığının azaltılması ve kazanılan enerjinin su ısıtma sistemlerinde kullanımı ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Kalogirou ve Tripanagustopulos [3] yaptıkları çalışmada, tipik bir termal güneş kolektörüne entegre ettikleri amorf silikon ve polikristal güneş pilleri ile, doğal dolaşım ve cebri dolaşım su ısıtma üniteleri kullanarak, sistemlerin elektriksel ve termal enerji kazançlarının belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre; cebri dolaşım aktif sistem performansının doğal dolaşım sistemine göre oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Güneş enerjisi kazancı, konuma bağılı olarak %60 ve %87 arasında değişmektedir. Hibrid olmayan PV sistem %38 civarında fazla elektrik üretmesine rağmen bu sistem, binaların sıcak su ihtiyacını yüksek oranda karşılayabilme özelliğine sahiptir.

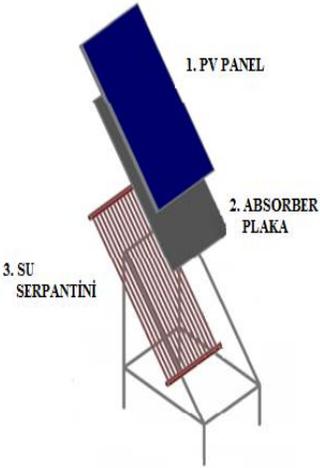
Rekha ve diğerleri [4] yaptıkları çalışmada, düzlemsel güneş kolektörü ile iyileştirilmiş bir PV/T sistemin, ısıl, elektriksel ve ekserji performansını sayısal olarak araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, ortalama toplam elektriksel, enerji ve ekserji verimleri sırasıyla; 11%, 63% ve 15% olarak belirlenmiştir.

2. Materyal ve Method:

Bu çalışmada, siyah boyalı alüminyum plaka ile bakır ısı değiştirici, 0.86 W/ mK ısıl iletkenlik değerine sahip ısıl iletken bir yapıştırıcı ile birleştirilerek bir absorber ünite oluşturulmuştur. Siyah boyalı alüminyum plaka, yapıştırıcının daha düzgün yayılabilmesi için, şekil 1’ de görüldüğü gibi üç parça halinde su serpantini ile birleştirilmiştir. Absorber ünite, bir monokristal PV panelin altına serbest olarak yerleştirilmiştir (Şekil 2). Sistem, 33° eğimli bir platform üzerine sabitlenmiş ve 50 mm kalınlığında ve 0.035 W/mK ısı iletkenlik değerine sahip, taş yünü esaslı yalıtım malzemesi ile yalıtılmıştır. Tablo 1’de kullanılan malzemeler ve özellikleri görülmektedir.

Tablo 1. Deney seti temel parça özellikleri

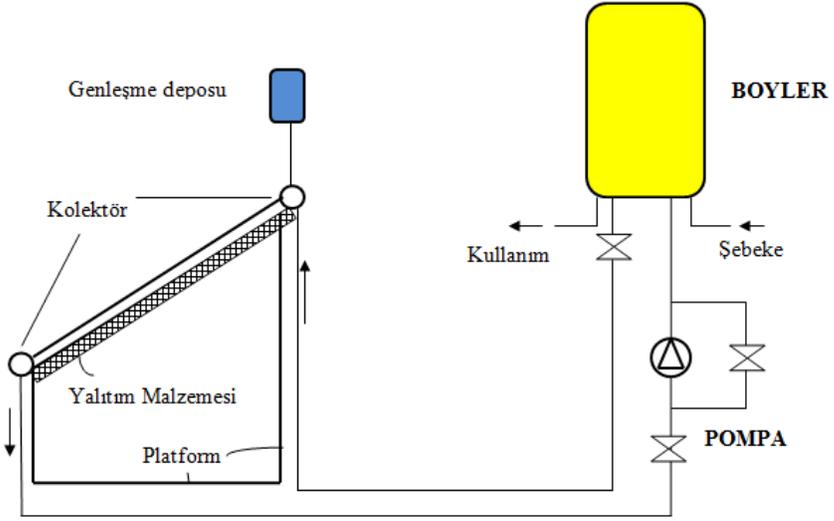
| No | Adı | Özellikler |
|----|----------------|--|
| 1 | PV panel | TPSM6U Monocrystalline 200W, Voc: 45.4 V,Isc: 5.77, 808x1580mm |
| 2 | Absorber plaka | Alüminyum, 0.4 mm, siyah boyalı, 808x1580mm |
| 3 | Su serpantini | Bakır (λ : 394 W/ mK) kolektör çapı: 32mm, boru çapı: 10mm |
| 4 | Boylar | Isı değiştirici serpantinli, 100 lt |
| 5 | Pompa | Frekans konvertörlü |



Şekil 1. Absorber montajı şeması

Şekil 2. Deney seti montaj şeması

Absorber ünite, şekil 3’de görüldüğü gibi su ısıtma devresi ile irtibatlandırılmıştır. Su ısıtma devresi, boyler, pompa, vanalar ve boru hattından oluşmaktadır. Ayrıca bir genişleme deposu, boyler serpantin seviyesini aşacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 3. Su ısıtma devresi şeması

Isı değiştirci akışkan olarak, donma riskine karşı, 1/3 oranında etilen glikol (antifiriz) içeren su- antifiriz karışımı kullanılmıştır. Bu orandaki karışımın özgül ısısı ve yoğunluğu, Duffie ve Beckman [5] tarafından yapılan çalışma baz alınarak, 20- 40 °C için yaklaşık; $C_p = 3700 \text{ j/ kg}^\circ\text{C} = 0.885 \text{ kcal/ kg}^\circ\text{C}$, $\rho = 1050 \text{ kg/m}^3$ olarak alınmıştır.

Tablo 2’de veri alma cihazlarının özellikleri görölmektedir. Veri alma sisteminde; veri alma cihazlarından alınan veriler, analog 4-20 mA, Pt 100, mV okuma kaabiliyetine sahip endüstriyel modüllere aktarılmaktadır. Modüller bu verileri, okunarak bilgisayar diline çevrilmesi için, RS-485 Modbus RTU protokolüne çevirmektedir. Bilgisayara aktarılan veriler ise bir program vasıtasıyla raporlanıp değerlendirilmektedir.

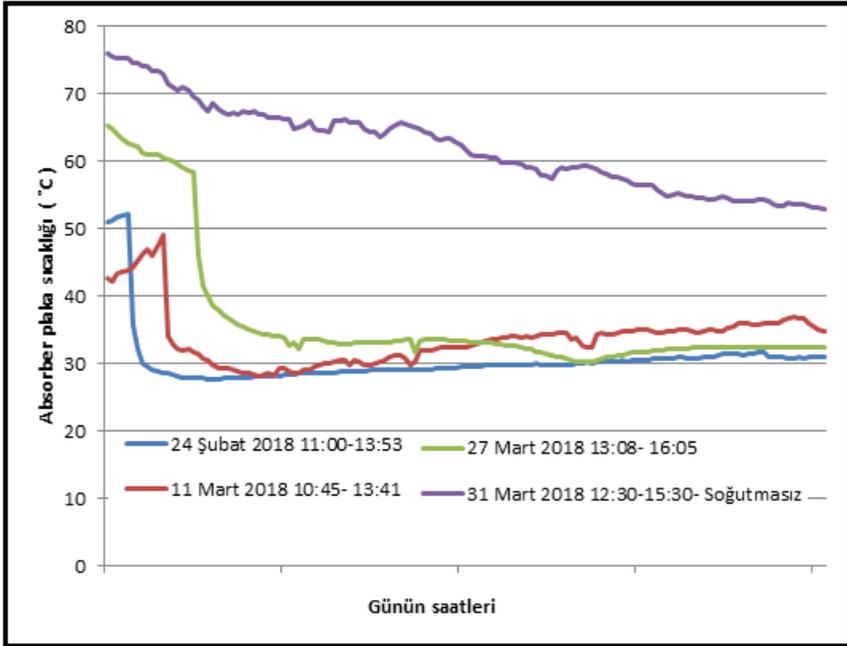
Tablo 2. Veri alma cihaz özellikleri

| N o | Adı | Yerleştirilme şekli | Özellikler |
|--------|------------------|--|--|
| 1 | Sıcaklık sensörü | Su serpantini giriş, çıkışına ve absorber plakanın merkez noktasına yerleştirildi. | Pt 100 |
| 3 | Piranometre | PV açısıyla aynı olacak şekilde 33° eğimli olarak yerleştirildi. | EKO MS-410 Hassasiyet 11.78 $\mu\text{V/Wm}^2$ 2,0-2000 W/m^2 |
| 4 | Dış hava | Güneş ışınlarına doğrudan | Sıcaklık ve |

| | | | |
|---|-------------------------|--|--|
| | nem ve sıcaklık sensörü | maruz kalmayacak şekilde, yerden 1 m yukarıya yerleştirildi. | nem için iki farklı analog çıkışa sahip. |
| 5 | Rüzgar hız sensörü | PV panelin üst kenarı seviyesine yerleştirildi. | Encoder pulse'leri 4-20 mA akıma çevrilmektedir. |

3. Bulgular

Çalışmalar, 37°N enlemi ile 32°E meridyenindeki Konya İli'nde, Şubat ve Mart ayları içerisinde farklı meteorolojik parametrelere sahip günlerde yürütülmüştür. Ölçümler, soğutmadan önce absorber sıcaklığının oldukça yüksek olduğunu ve soğutma işlemiyle sıcaklığının optimum değerlere düşürülebildiğini göstermektedir (Şekil 4). Tablo 3'den anlaşılacağı üzere, ele alınan her üç günün, termal dönüşüm oranı ortalaması yaklaşık % 50 seviyesinde olmuştur. İletim boruları yalıtımsız olduğu için iletim hattından havaya ısı transferi oldukça yüksek seviyededir. Bu boruların yalıtılması ile birlikte boyler toplam ısı kazancı artacak, iletim hattından havaya olan ısı transferi azalacaktır.



Şekil 4. Soğutmasız gün ve soğutma yapılan günlerdeki absorber plaka sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Boylere toplam ısı kazancı: $Q_{\text{boy}} = m C_p (T_s - T_i)$ (2)

Boiler ısı kazancı $q_{\text{boy}} = ((Q_{\text{boy}} / \text{toplam saat}) / 860) \cdot 1000$
 (3)

Ortalama boru hattı sıcaklığı: $\bar{T}_{\text{ort}} = (T_g + T_{\text{ç}}) / 2$
 (4)

Boru hattından havaya ısı kaybı $q_{\text{b-h}} = 2\pi L \lambda (T_{\text{ort}} - \bar{T}_h) / \ln(r_2/r_1)$ (5)
 (Boru hattı özellikleri: $L = 20\text{m}$, $\text{Ø}32 \times 5,4$ mm PP-R 80 PP3 boru $\lambda = 0,24$ W/mK, boru hattı yalıtılmamıştır.)

Absorberden çekilen ısı: $q_t = q_{\text{boy}} + q_{\text{b-h}}$ (6)

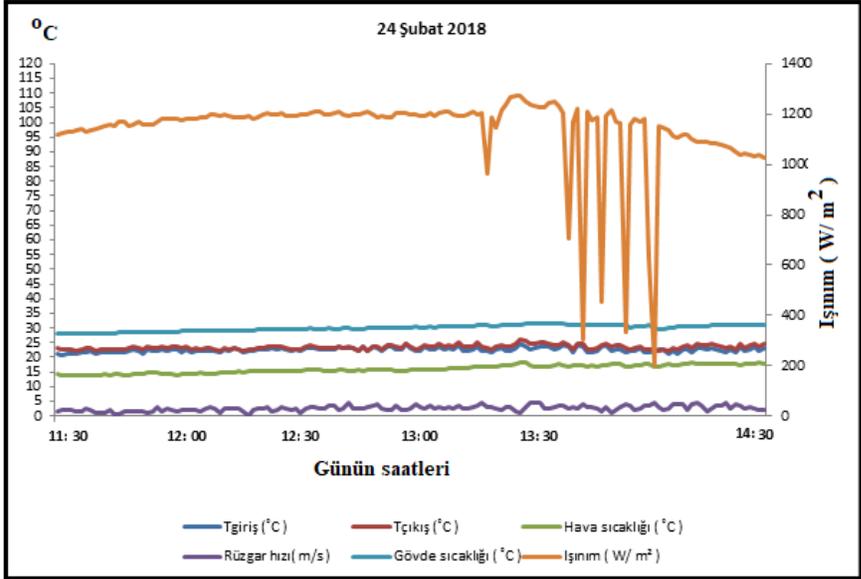
Termal dönüşüm oranı: $\eta_{\text{th}} = q_t / (I_x A_p)$ (

7)

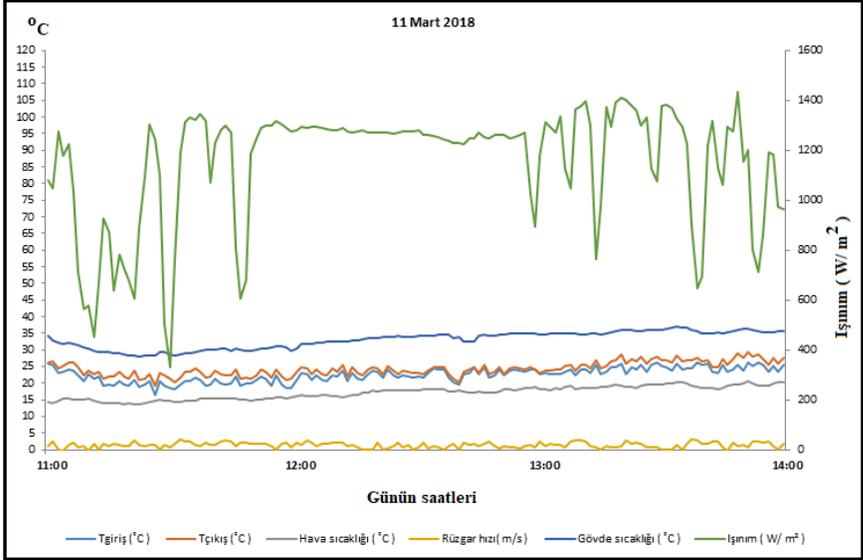
Tablo 3. Farklı günlere ait termal değerlerin karşılaştırılması

| Parametre | 24 Şubat 2018 11:30- 14:30 | 11 Mart 2018 11:00- 14:00 | 27 Mart 2018 13:40- 18:40 |
|--|---|--|--|
| Ortalama absorber plaka Sıcaklığı (°C) | 29.97 | 33.03 | 31.19 |
| Ortalama soğutma suyu giriş Sıcaklığı (°C) | 22.60 | 22.58 | 24.79 |
| Ortalama soğutma suyu çıkış sıcaklığı (°C) | 23.51 | 24.33 | 28.98 |
| Ortalama hava sıcaklığı (°C) | 16.03 | 17.13 | 23.73 |
| Ortalama ışınım değeri (W/m ²) | 1142.03 | 1152.09 | 581.93 |
| Ortalama rüzgar hızı (m/s) | 2.66 | 1.41 | 3.21 |
| Boylar ilk sıcaklığı (°C) | 11.80 | 18.80 | 17.60 |
| Boylar son sıcaklığı (°C) | 19.80 | 24.10 | 23.90 |
| Boylar toplam ısı kazancı (kcal) | 708 | 530 | 630 |
| Boylar ısı kazancı (Watt) | 274.42 | 205.43 | 146.51 |
| Boru hattından havaya ısı kaybı (Watt) | 514.32 | 463.43 | 230.98 |
| Absorberden çekilen ısı (Watt) | 788.74 | 668.86 | 377.49 |
| Termal dönüşüm oranı (%) | 54.38 | 45.71 | 51.07 |

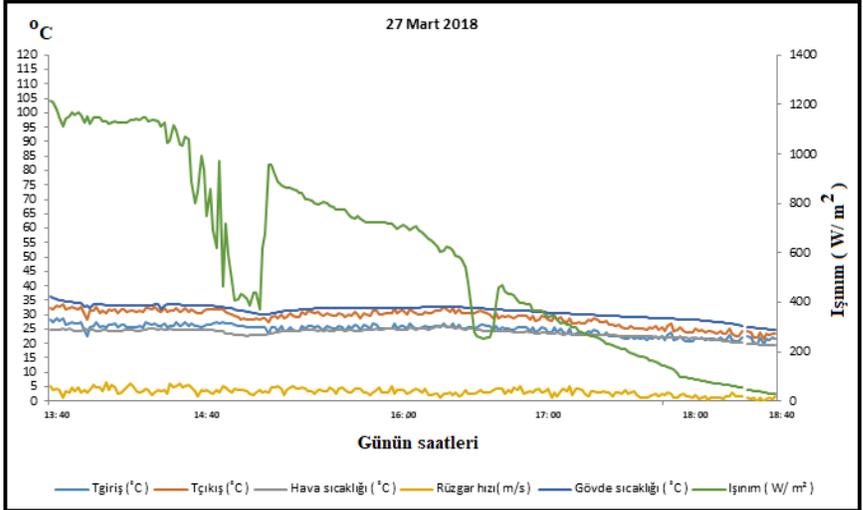
Şekil 5 de; 24 Şubat 2018 , Şekil 6 da; 11 Mart 2018 ve Şekil 7 de; 27 Mart 2018 gününe ait absorber plaka termal kazancını etkileyen, termal ve meteorolojik parametrelerin değişimleri görülmektedir. 24 Şubat ve 11 Mart günleri ele alınan saatler, güneş ışınımının en yüksek olduğu öğlen saatleri iken, 27 Mart günü öğleden sonrayı da tam kapsayacak şekilde seçilmiştir. 27 Mart günü, ortalama rüzgar hızı ve ortalama hava sıcaklığı diğer günlerden fazladır. Her üç durumda da, absorber plakanın ısı kazanımının ortalama ışınım değerine oranı, 50 % seviyelerine yakın olarak gerçekleşmiştir. 11 Mart ve 27 Mart günleri gün boyunca, bulutluluk nedeniyle güneş ışınımında dalgalanmalar oluşmuştur. 24 Şubat günü ise 13:30 dan sonra kısmen ışınım dalgalanmaları oluşmuştur. Her üç durumda da meteorolojik parametreler değişkenlikler göstermekle birlikte, absorber plaka sıcaklıklarının 30-35°C civarında olduğu görülmektedir. 50 mm yalıtım uygulanmış olması, absorber sıcaklığını daha kararlı hale getirmiştir.



Şekil 5. 24 Şubat 2018 11:30- 14:30 arasında elde edilen değerler.



Şekil 6. 11 Mart 2018 11:00- 14:00 arasında elde edilen değerler.



Şekil 7. 27 Mart 2018 13:40- 18:40 arasında elde edilen değerler.

4. Sonuçlar

Yapılan çalışma, PV panelin arkasına serbest olarak yerleştirilen siyah boyalı plakanın oldukça yüksek sıcaklıklara ulaştığını ve PV/T sistemlerde kolaylıkla kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca soğutma işlemi ile, sıcaklık optimum PV çalışma sıcaklığı seviyelerine

düşürülebilir ve kazanılan termal enerji su ısıtma sistemlerinde kullanılabilir. Bu çalışmada, sadece termal kazanım incelenmekle birlikte, bu şekilde yapılacak bir uygulama ile, aynı alandan hem elektriksel hem de termal enerji kazanılacağından, toplam verim oldukça yüksek olacaktır. Sıcak su iletim hatlarına, boyler ısı transfer oranının yetersiz kalabileceği düşünülerek ilk etapta yalıtım yapılmamıştır. Yalıtım yapılmış olsaydı, boylerden kullanım suyuna ısı transferi artacağından boyler suyu, kullanım için optimum değerlere çıkarılabilecekti. Sonuçlar, bu şekilde bir uygulama ile oldukça iyi termal kazanım elde edilebileceğini göstermektedir.

TERMİNOLOJİ

| | | | |
|---|-----------------|---------------------------------------|---|
| — | T_m | Ortalama absorber plaka sıcaklığı | $^{\circ}\text{C}$ |
| — | T_g | Ortalama soğutma suyu giriş sıcaklığı | $^{\circ}\text{C}$ |
| — | $T_{\check{c}}$ | Ortalama soğutma suyu çıkış sıcaklığı | $^{\circ}\text{C}$ |
| — | T_{ort} | Ortalama boru hattı sıcaklığı | $^{\circ}\text{C}$ |
| — | T_h | Ortalama hava sıcaklığı | $^{\circ}\text{C}$ |
| — | I | Ortalama ışınım değeri | W/m^2 |
| — | V_r | Ortalama rüzgar hızı | m/s |
| | T_i | Boyerler ilk sıcaklığı | $^{\circ}\text{C}$ |
| | T_s | Boyerler son sıcaklığı | $^{\circ}\text{C}$ |
| | Q_{boy} | Boyerler toplam ısı kazancı | kcal |
| | q_{boy} | Boyerler ısı kazancı | Watt |
| | q_{b-h} | Boru hattından havaya ısı kaybı | Watt |
| | q_t | Absorberden çekilen ısı | Watt |
| | A_p | Absorber alanı (PV panel alanı) | m^2 |
| | η_{th} | Termal dönüşüm oranı | $\%$ |
| | C_p | Sabit basınçta özgül ısı | $\text{kcal}/\text{kg } ^{\circ}\text{C}$ |
| | ρ | Yoğunluk | kg/m^3 |
| | m | Boyerler kütlesi | kg |
| | λ | Isı iletkenlik katsayısı | W/mK |
| | r_2 | Boru dış yarıçapı | m |
| | r_1 | Boru iç yarıçapı | m |

KAYNAKÇA

1. Sirinivas, M. Jayaraj, S. (2013). Investigation on the performans of double pass hybrid- type (PV/T) solar air heater. International Journal of Energy and Environment, 4, 687-698.
2. Muzathik, A.M. (2014) Photovoltaic modules operating temperature estimation using a simple correlation. International Journal of Energy Engineering, 4,151-158.

3. Kalogirou, S.A. and Tripanagnostopoulos, Y. (2006). Hybrid PV/T solar systems for domestic hot water and electricity production. *Energy Conversion & Management* 47, 3368-3382.
4. Rekha, L. Vijayalakshmi, M.M. and Natarajan, E. (2013). Photovoltaic thermal hybrid solar system for residential applications. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2,10,277-283
5. Duffie, J.A. and Beckman, W.A. (1980). *Solar engineering of thermal processes*. J. Wiley & Sons,

100CR6 RULMAN ÇELİĞİNİN TORNALANMASINDA MİNERAL ESASLI MİNİMUM YAĞLAMA MİKTARI İLE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN OPTİMİZASYONU

*Optimization of Surface Roughness with Mineral Based Minimum
Quantity Lubrication During Turning of 100Cr6 Bearing Steel*

Şenol ŞİRİN & Çağrı Vakkas YILDIRIM & Turgay KIVAK

1. GİRİŞ

Talaş kaldırmayla şekillendirme temel bir imalat yöntemi olup makine imalat sanayisinde yaygın olarak kullanılan metal biçimlendirme işlemidir [1]. Döküm, dövme, haddeme ve diğer şekillendirme yöntemleriyle üretilmiş mühendislik malzemelerinin kullanıma hazır hale getirilmesi için çoğunlukla talaşlı imalat işlemlerine gerek duyulmaktadır. Talaşlı imalat işleminde iş parçasını (yarı mamul; döküm, dövülmüş, haddelenmiş) istenilen geometriye getirmek için üzerindeki fazlalıklar uygun takım tezgâhı (torna, freze, matkap vb.) ve kesici takım kullanılarak talaşlar şeklinde uzaklaştırılıp, istenilen boyutlar ve yüzey kalitesi sağlanır [1].

Talaşlı imalatta her türlü operasyon istenilen yüzey kalitesinde üretilebilmesi için birçok kesme parametresinin uygun şekilde ayarlanması gerekmektedir. İşlenecek malzeme ve istenilen geometriye bağlı olarak kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği, kesici takım talaş açısı, kullanılacak kesicinin cinsi, malzemesi ve geometrisinin önemli bir etkisi görülmektedir [2]. Talaşlı imalat sırasında iş parçası için uygun olmayan kesme parametreleri, iş parçasının yüzey kalitesinin yanı sıra kesicilerin kırılması, hızlı aşınması ve yanması gibi ekonomik kayıplara, tezgâh boş zamanının artması veya iş parçasının bozulmasına gibi bir dizi ekonomik kayıplara neden olur [1].

Geçmiş 100 yılda üretimi arttırma çabaları, hassaslık ve güvenilirlik, ileri teknolojiye dayalı otomasyon, sayısal kontrollü tezgâhlar, esnek üretim sistemleri vb. metotların gelişmesine yol açmıştır [3]. Takım tezgâhlarındaki gelişmelerle birlikte parçaların güvenilir, verimli, hassas ve seri bir şekilde üretilmesi de karbür, sermet, seramik ve kübik bor nitrür (KBN) gibi yeni takım malzemelerinin de gelişmesine sebep olmuştur. Endüstriyel gelişmeler nedeniyle talaş kaldırma işlemleri imalat endüstrisinin çekirdeğini oluşturmaktadır. Genel olarak bir ürünün imalatı; ürün tasarımı, işlem planlama, işleme operasyonları ve kalite kontrol gibi aşamaları içermektedir. İşlenebilirlik çalışmaları, özellikle işlem planlama ve işleme operasyonları ile ilişkilendirilebilir [4]. İş parçalarının işlenebilirliğini anlamak ve buna göre verimli bir işlem planlaması yapmak imalat mühendisleri açısından oldukça önemlidir. Ürünün tasarımında malzeme seçimi tasarımın amacına hitap etmesi ve

üretim maliyetlerini azaltması açısından önemlidir. Özellikle işleme maliyetlerini azaltmak, takım ömrünü arttırmak ve daha iyi yüzey kalitesi elde etme isteği, talaş kaldırma alanında araştırmaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır [5].

Tornalama işlemleri talaşlı şekillendirmenin büyük bir kısmını kapsamaktadır. Talaş kaldırma işlemlerinde iki farklı kesme işlemi (dik-eğik, ortogonal-oblique kesme) uygulanmaktadır. Çoğu kesme işlemleri genellikle eğik kesme işlemidir. Fakat işleme parametrelerinin etkisini belirlemek için yapılan deneysel çalışmalarda, mekanik davranışın iki boyutlu olmasından dolayı dik kesme işlemi uygulanmaktadır [6]. Talaşlı imalatta iyi seçilmeyen kesme parametreleri, kesici takımların hızlı aşınması ve kırılması gibi kayıpların yanı sıra, iş parçasının bozulması veya yüzey kalitesinin düşüklüğü gibi ekonomik kayıplara da neden olmaktadır [6]. Kesme hızı ve kesici takım geometrisi, işlenebilirlik özelliklerine etki bakımından en önemli parametrelerdir [7].

AISI 52100 rulman çeliği sürekli yükler altında dayanımı yüksek, yüksek yorulma ve aşınma direnci gerektiren uygulamalarda kullanımlarının yaygın olduğu bilinmektedir [8]. Rulmanların üretiminde yaygın olarak genellikle 52100 çeliği kullanılır.

Yapılan bir çalışmada, 100Cr6 rulman çeliğini tam faktöriyel deneysel tasarım yöntemi ile tornalama işlemi uygulamışlardır. Çalışmada, genetik algoritma (GA) kullanılarak 100Cr6 çeliğin teğetsel tornalama yöntemiyle işlenmesinde kesici takım hızı, iş parçası hızı, aksel ilerleme oranı ve kesme derinliği gibi kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin optimizasyonu gerçekleştirmişlerdir. Optimizasyon işlemi sonunda taşlama yüzeyine yakın kalitede yüzeyler elde etmişlerdir [9].

Isıl işlemsiz ve küreselleştirilmiş 100Cr6 rulman çeliğinin üç farklı takımla işlenmesinde ana kesme parametreleri ile iş parçası ve takım sertliklerinin, takım ömrü ve takım aşınması üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Taguchi deneysel tasarım tekniğini kullanarak probleme uygun $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ ortogonal dizisi seçilmiştir. Küreselleştirilmiş Ç52100 rulman çeliğinin tornalanmasında takım ömrü bakımından kaplamalı karbür takımların daha iyi performans sergilediği görülmüştür [10].

Yapılan başka bir çalışmada ise, 100Cr6 rulman çeliğine kuru işleme şartlarında, tornalama işlemi uygulamışlardır. İşleme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüklerini tespit ederek, optimum işleme şartlarını belirlemişlerdir. Taguchi metodunun kullanıldığı deneylerin sonucunda, 100Cr6 rulman çeliği için optimum işleme parametreleri, (T2) talaş kırıcı formlu kesici takım, 0,3 mm/dev (f) ilerleme hızı ve 160 m/dak (Vc) kesme hızı olarak belirlenmiştir [11].

Bu çalışma, 100Cr6 rulman çeliğinin mineral esaslı yağlama ile işleme şartlarında, üç farklı parametrenin (İlerleme F, Kesme hızı Vc, Debi Q) optimum değerlerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. CVD

kaplamalı kesici takım ile 100Cr6 rulman çeliğinden talaş kaldırılmış ve işlenen yüzeylerin yüzey pürüzlülük değerleri incelenmiştir.

XI. 2. MALZEME VE METOD

A. 2.1. Deneysel Malzemesi

100Cr6 rulman çeliği, rulman imalatında ve özel taşlama tezgâhlarında sıkça değiştirilen ve aşınan takımların imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır [11]. Deneylerde 54 mm çapında ve 220 mm uzunluğunda ticari 100Cr6 rulman çeliği malzemesi kullanılmıştır. Tablo 1'de 100Cr6 rulman çeliğinin kimyasal içeriği verilmiştir.

Tablo 1. 100Cr6 rulman çeliği kimyasal yapı % oranları

| C | Si | Mn | P | S | Cr | Mn | Al | C |
|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 0,90 | 0,12 | 0,25 | max | max | 1,35 | max | max | max |
| 1,05 | 0,30 | 0,45 | 0,030 | 0,025 | 1,65 | 0,08 | 0,00 | 0,30 |

2.2. Tornaalama Deneyleri ve Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri

Talaş kaldırma deneylerinde kullanılan CNC torna tezgâhı özellikleri, Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Deneylerde kullanılan takım tezgâhının özellikleri

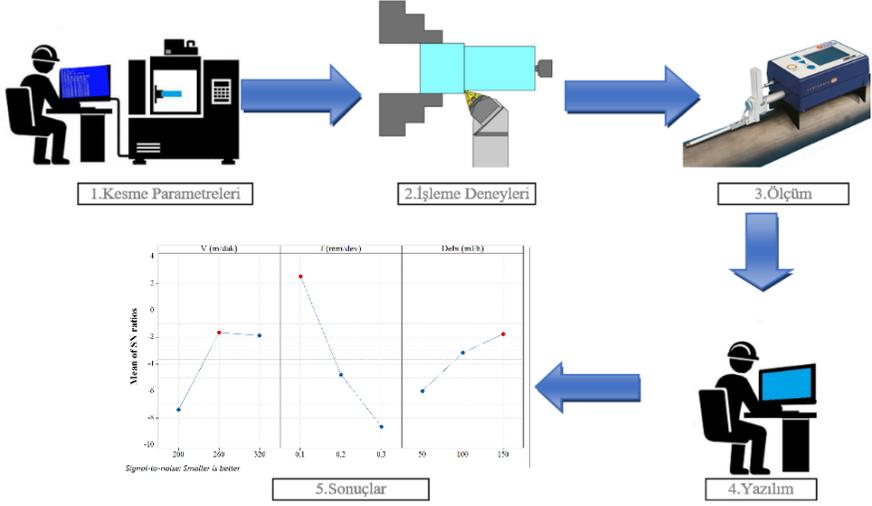
| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Max. İş Mili Devri | 6000 dev/dak |
| İş Mili Motoru | 7,5 / 11 Kw |
| İşletim Sistemi | Fanuc |
| X Eksen Boşta Hareket Hızı | 24 m/dak |
| Z Eksen Boşta Hareket Hızı | 30 m/dak |

Tornaalama deneyleri Accuway JT 150 CNC torna tezgâhında, mineral esaslı kesme yağı kullanarak ve 1 mm sabit kesme derinliğinde gerçekleştirilmiştir. Minimum Miktarla Yağlama (MMY) için SKF marka LubriLean Vario model sistemi kullanılmıştır. Nozul-iş parçası püskürtme mesafesi 40 mm ve basıncı sabit 8 bar olarak sabit tutulmuştur. MMY sisteminde kullanılan mineral esaslı yağ, 40°C'de 15 cSt, parlama noktası >180°C ve yoğunluğu 0,93 g/cm³'tür. Deneylerde Sandvik Coromant firmasından temin edilen, CNMG 120408-PMC kodlu, 4325 kalitesinde, CVD kaplamalı kesici takım ve PCLNR 2525M 12 kodlu takım tutucuyla gerçekleştirilmiştir.

Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçülmesinde; Taylor Hobson marka, Surtronic 25 model ve 0,02 µm (mikrometre) hassasiyetli yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ortalama yüzey pürüzlülük Ra

değerleri, ISO 4287 [12] standardına göre, işlenmiş yüzeyler üzerindeki pürüzlülük profilindeki sapmaların aritmetik ortalaması alınarak elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerleri, deney sonrasında işlenen her bir yüzeyden beş farklı ölçüm alınmış, en düşük ve en yüksek değerler dikkate alınmadan üç değer aritmetik ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Deney sistem detayına ait şematik çizim Şekil 1'de bulunmaktadır.



Şekil 1. Deney sistemi detayı

XII. 3. TAGUCHI OPTİMİZASYONU

Taguchi optimizasyon metodu; deney sayısını düşürmesi, üretim ve deney maliyetlerini düşürmesi sebebiyle mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Taguchi optimizasyon metodu, kayıp fonksiyonu S/N oranına dönüştürerek, istenilen verilerle deney verileri arasındaki sapmayı hesaplar. S/N oranlarının hesaplanmasında; karakteristik tipine bağlı nominal en iyidir, en büyük en iyidir, en küçük en iyidir metotları kullanılır. Faktörlerin en optimum seviyelerini belirlerken, yüzey pürüzlülük (Ra) değerlerinin en küçük olması gerekmektedir. Bu amaçla, S/N oranlarının hesaplanmasında performans karakteristiğinin en küçük en iyidir durumunda olan amaç fonksiyonu kullanılmıştır. Eş.1'de en küçük en iyidir, amaç fonksiyonu verilmiştir.

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (1)$$

Eşitlikteki; n gözlem deney sayısını ve y gözlenen verileri ifade etmektedir.

A. 3.1. Deney Tasarımı

Çalışmada, 100Cr6 rulman çeliğinin tornalama işlemi sonrası oluşan ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) için kesme parametrelerinin optimizasyonu yapılmıştır. Kesme hızı (Vc), İlerleme hızı (f) ve debi

(ml/h) değişken olarak seçilmiş, bu faktörlerin her biri için üç farklı seviye belirlenmiştir. Kontrol faktörleri ve seviyeleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Kontrol faktörleri ve seviyeleri

| Kontrol Faktörleri | Birim | Sembol | Seviye 1 | Seviye 2 | Seviye 3 |
|--------------------|--------|--------|----------|----------|----------|
| Kesme Hızı | m/dak | A | 200 | 260 | 320 |
| İlerleme Hızı | mm/dev | C | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| Debi | ml/h | B | 50 | 100 | 150 |

Deney tasarımında, Taguchi metodunun L9 deney tasarımı kullanılmıştır. Deney dizileri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Taguchi L9 deney tasarımı

| Deney Numarası | Kontrol Faktörü | | |
|----------------|-----------------|---|---|
| | 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 |

Deney sonuçları, %95 ($\alpha=0,05$) güven düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Taguchi deney metodunda Minitab 17 paket programı kullanılmıştır.

B. 3.2. S/N Oranı Analizleri

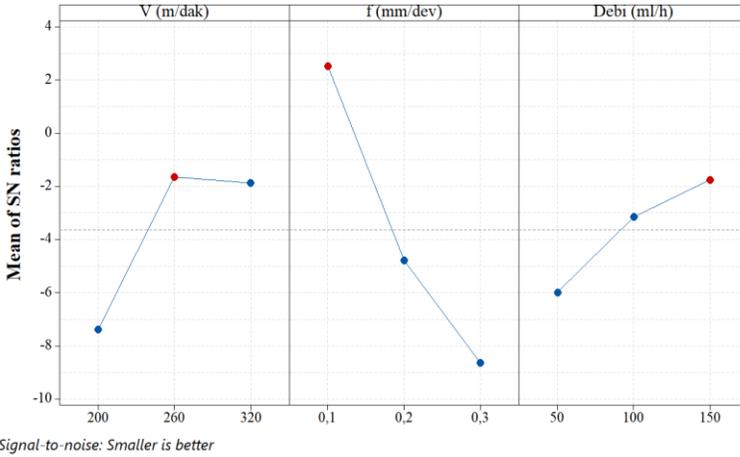
100Cr6 rulman çeliği üzerinde, Taguchi'nin L₉ deney tasarımına göre gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda, elde edilen Ra değerleri ile hesaplanan S/N oranları, Tablo 5'te verilmiştir. Tablo 5'e göre yüzey pürüzlülük aritmetik ortalaması (T_{Ra}) 1,86 μm olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5. Deney sonuçları ve S/N değerleri

| Deney No | Kontrol Faktörü | | | Yüzey Pürüzlülük | Ra-S/N oranı |
|----------|-----------------|---|---|------------------|--------------|
| | A | B | C | | |

| | | | | Ra (μm) | (dB) |
|----------|-----|-----|-----|--|-------------|
| 1 | 200 | 0,1 | 50 | 2,06 | -6,27734 |
| 2 | 200 | 0,2 | 100 | 2,42 | -7,67631 |
| 3 | 200 | 0,3 | 150 | 2,56 | -8,1648 |
| 4 | 260 | 0,2 | 50 | 1,38 | -2,79758 |
| 5 | 260 | 0,3 | 100 | 2,78 | -8,8809 |
| 6 | 260 | 0,1 | 150 | 0,46 | 6,744843 |
| 7 | 320 | 0,3 | 50 | 2,78 | -8,8809 |
| 8 | 320 | 0,1 | 100 | 0,44 | 7,130946 |
| 9 | 320 | 0,2 | 150 | 1,56 | -3,86249 |

Taguchi metoduyla elde edilen kontrol faktörlerinin etkilerini gösteren S/N ana etki grafiği Şekil 2’de verilmiştir. Ra kontrol faktörlerinin optimum seviyeleri ise Tablo 6’da verilmiştir.



Şekil 2. S/N Oranları ana etki grafiği

Tablo 6. Kontrol faktörlerinin optimum seviyeleri

| Kontrol Faktörleri | Biri m | Optimum Seviye | Optimum Değer |
|--------------------|--------|----------------|---------------|
| Kesme Hızı (A) | m/dak | 2 | 260 |
| İlerleme Hızı (C) | mm/dev | 1 | 0,1 |
| Debi (B) | ml/h | 3 | 150 |

C. 3.3. Deney Sonuçları ve Optimum Yüzey Pürüzlülüğü

Taguchi optimizasyon metoduyla, doğrulama deneylerinin gerçekleştirilmesi için en uygun koşullar belirlenir. Optimum yüzey pürüzlülüğü tahmini değerleri hesaplanmasında Eş.2 kullanılmıştır.

$$Rap = T_{Ra} + (A_2 - T_{Ra}) + (B_1 - T_{Ra}) + (C_3 - T_{Ra}) \quad (2)$$

Bu eşitlikte; $A_2B_1C_3$ optimum koşulu için yüzey pürüzlülük aritmetik ortalaması Rap Tablo 6'daki ve deneyler sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük aritmetik ortalaması T_{Ra} Tablo 5'teki veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü için kontrol faktörü ortalama tepki değerleri Tablo 7'de görülmektedir.

Tablo 7. Ra için Anova tablosu

| Faktörler | Serbestlik derecesi | Kareler toplamı | Kareler ortalaması | F değeri | P değeri | Katkı oranı (%) |
|-----------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|----------|-----------------|
| A | 2 | 1,2211 | 0,6105 | 1,75 | 0,363 | 17,9 |
| B | 2 | 4,4448 | 2,2224 | 6,38 | 0,135 | 65,1 |
| C | 2 | 0,4611 | 0,2305 | 0,66 | 0,602 | 6,8 |
| Hata | 2 | 0,6963 | 0,3481 | - | - | 10,2 |
| Toplam | 8 | 6,8232 | - | - | - | 100 |

XIII. SONUÇLAR

Bu çalışmada, 100Cr6 rulman çeliğinin mineral esaslı yağlama ile işleme şartlarında tormalanarak, yüzey pürüzlülük değerleri incelenmiştir. Optimal işleme şartlarının belirlenmesinde Taguchi optimizasyon metodu başarılı olmuştur.

Yapılan çalışma neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

❖ Yüzey pürüzlülüğü kesme hızı ve debi en düşük değerlerinde en kötü çıkarken ilerlemenin en yüksek değerinde en kötü çıkmıştır.

❖ Debinin artması yüzey kalitesini çok az (%6.8) etkilemiştir.

❖ 100Cr6 Rulman çeliğinin tormalanmasında optimum işleme koşulları, kesme hızı (Vc) 260, debi (Q) 150 ve ilerleme hızı (f) 0,1 olarak belirlenmiştir.

❖ ANOVA sonuçlarına göre; ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) için en etkili parametre ilerleme hızı (%65.1) olmuştur.

XIV. KAYNAKLAR

[1]. Gavas, M., Yaşar M., Aydın, M., Altunpak Y., *Üretim Yöntemleri ve İmalat Teknolojileri*, Seçkin Yayıncılık, (2015).

[2]. İrfan, U. C. U. N., Aslantaş, K., & Karabulut, A. (2009). Ortogonal Kesme İşleminde Takım-Talaş Temas Uzunluğundaki

Değişimin Araştırılması. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24(3).

[3]. Soba, M. (2008). Esnek Üretim Sistemleri ve İşletmelerin Rekabet Gücüne Etkileri. Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2008(2).

[4]. Karayel, B., & Nalbant, M. (2014). Ç4140 Malzemesinin Tornalamasında İlerleme, Kesme Hızı ve Kesici Takımın Yüzey Pürüzlülüğü, Takım Ömrü ve Aşınmaya Etkileri. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 11(3), 11-26.

[5]. Çetin, M., Bilgin, M., Ulaş, H. B., & Tandiroğlu, A. (2011). Kaplamsız Sermet Takımla AISI 6150 Çeliğinin Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Ejevoc (Electronic Journal of Vocational Colleges), 1(1).

[6]. Çakır M. C., *Modern Talaşlı İmalat*, Dora Yayıncılık, (2010).

[7]. Altın, A., Gökkaya, H., & Nalbant, M. (2006). İşleme Parametrelerinden Kesme Hızının Inconel 718 Süper Alaşımın İşlenebilirliğine Etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21(3).

[8]. Kara, F. (2014). AISI 52100 çeliğinin yorulma ömrü ve taşlanabilirliğine kriyojenik işlem parametrelerinin etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

[9]. Savas, V., Ozay, C., & Ballikaya, H. (2016). Experimental Investigation of Cutting Parameters in Machining of 100Cr6 with Tangential Turn-Milling Method. *Advances in Manufacturing*, 4(1), 97-104.

[10]. Motorcu, A. R., (2010). Isıl İşlemsiz ve Küreselleştirilmiş Ç52100 Rulman Çeliğinin Farklı Takımlarla İşlenmesinde Takım Ömrü ve Aşınmasının İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(1).

[11]. Akıncıoğlu, S., Şirin, Ş., Akıncıoğlu, G., & Şirin, E. (2016). 100Cr6 Rulman Çeliğinin Tornalanmasında Yüzey Pürüzlülüğünün Optimizasyonu. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 5(1).

[12]. ISO 4287:1997, Geometrical Product Specifications (GPS)-Surface texture: profile method-terms, definitions and surface texture parameters, International Organization for Standardization, Geneva, (1997).

İŞLENMESİ ZOR MALZEMELERİN FREZELENMESİNDE NANO YAĞLAMANIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Effects of Nano-lubrication on Surface Roughness in Milling of Difficult-to-cut Materials

Çağrı Vakkas YILDIRIM & Turgay KIVAK & Şenol ŞİRİN

1. Giriş

Waspaloy'un da içinde yer aldığı nikel esaslı süper alaşımlar, modern uçak motorlarının yanma odası gibi kritik bölgelerindeki çeşitli bileşenlerin imal edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Pollock, 2016). Sıcak sertlik, korozyon direnci ve yüksek mekanik özellikleri nedeniyle tercih edilen bu süper alaşımların işlenmesi sırasında ortaya çıkan ısı, düşük ısıl iletkenlik nedeniyle, kesme bölgesinden kolayca uzaklaştırılmaz ve kesme kenarı bölgesinde sıcaklık 1000°C'ye kadar çıkabilir. Böylece, kesici takım büyük sıcaklıklara maruz kalır ve dolayısıyla ömrünü çok kısa sürede tamamlar (Altintas, 2012). Dahası, talaş kaldırma sırasında iş parçasının yüzeyinde termo-mekanik bir yüklenme nedeniyle sertleşen ve malzemenin mekanik özelliklerinin değişmesine neden olan bir tabaka ortaya çıkabilir (Ulutan & Ozel, 2011). Bundan dolayı da kesilmesi zor malzemeler sınıfına girmektedirler. Bu tür malzemelerin işlenmesi sırasında verimliliği artırmak için çeşitli soğutma/yağlama yöntemleri kullanılmaktadır ve Minimum Miktarda Yağlama (MMY) da bu yöntemlerden biridir.

MMY sistemi, genel anlamda 50-500 ml/h debideki kesme sıvısının basınçlı hava yardımı ile kesme bölgesine gönderildiği bir soğutma/yağlama yöntemi olarak kabul edilmekte olup yarı-kuru yağlama veya mikro yağlama olarak da adlandırılmaktadır (Khan, Mithu, & Dhar, 2009). Kuru ve bor yağı ile yapılan klasik soğutmanın karışımı olarak da tanımlanan MMY sistemi, hem kuru hem de klasik soğutmanın olumlu yönlerini yansıtmaktadır (Yıldırım, Kivak, Erzincanlı, Uygur, & Sarıkaya, 2017). Üretim maliyetlerinin aşağı çekilmesi ve çalışan sağlığının korunması MMY sisteminin olumlu etkileri için söylenebilecek en önemli unsurlardır. Bununla beraber konvansiyonel kesme sıvısının çevreye getireceği zararları da en aza indirdiği için çevreci bir yöntem olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım, Kivak, & Erzincanlı, 2015). MMY sisteminde kesme sıvısı olarak yağlama özelliği yüksek yağlar tercih edilmektedir. Bitkisel, mineral ve sentetik yağlar gibi kesme yağları başlıca bilinen çeşitlerindedir.

Bitkisel ve mineral yağlar gibi geleneksel kesme sıvıları, yağlama özelliklerinin yüksek olması nedeniyle talaş kaldırma operasyonlarında

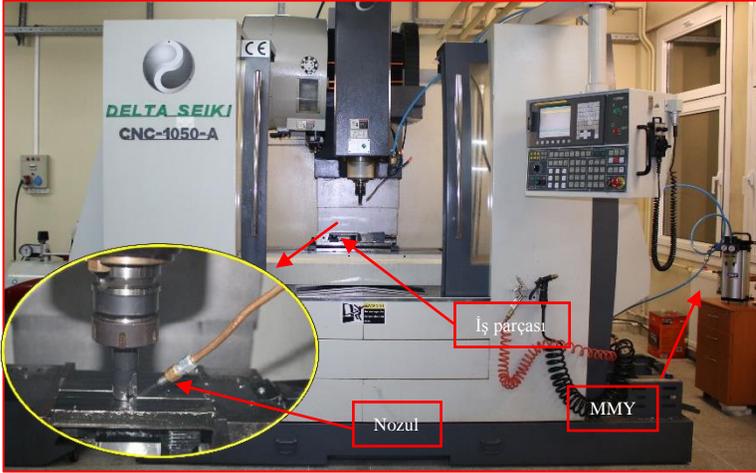
yoğun olarak tercih edilmektedirler. Ancak, yağlama özellikleri yüksek olan bu kesme yağlarının soğutma özellikleri için aynı şeyi söylemek mümkün değildir. Bunun sebebi ise termal özelliklerinin zayıf olmasıyla açıklanabilir. Bu yağların termal iletkenliğini artırmak için küçük boyutlu (milimetre ve mikrometre) katı parçacıklar eklenebilir. Ancak bu sefer de boru hatlarının tıkanması, yüksek erozyon, boru hatlarındaki basınç düşüşü ve süspansiyonun zayıf stabilitesi gibi ciddi problemler ortaya çıkmaktadır. Bütün bu nedenlerden dolayı, yaklaşık on yıl önce ortaya çıkan ve nanometre seviyesinde büyüklükler içeren parçacıklar metal kesme operasyonlarında “nanoakışkan” ismiyle kullanılmaya başlanmıştır. Bu nanoakışkanlar, daha iyi stabilite, daha büyük ısı iletkenlik ve baz akışkanla karşılaştırıldığında daha düşük basınç düşüşü gibi bir çok avantaja sahiptir (Kumar, Kumar, Rai, & Kumar, 2016).

Taguchi metodu, minimum deney sayısı ve minimum deney maliyetine karşılık üretimin kalitesini artırmayı hedefleyen bir optimizasyon yöntemidir (Asiltürk & Neşeli, 2012). Bu yöntemi başarılı kılan ana etken, dikey dizinler geliştirerek deney sayılarını minimum seviyeye indirmesi, zaman konusunda önemli avantajlar sağlaması ve böylece üretim maliyetlerini aşağı çekmesidir. Bu metodun diğer büyük avantajı ise olası sonuçları önceden tahmin edebilmesidir. Bir diğer deyişle bu yöntem sadece minimum sayıda deneyle sonucu elde etmekle kalmaz aynı zamanda yüksek kalitede proses ve ürün geliştirilmesine de zemin hazırlar (Şirin, Şirin, Turgut, & Korkut, 2015). Taguchi yöntemi, üretim sürecinin veya ürüne ait üretim şartlarına ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı minimum hassasiyeti gösteren bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır. Bunun yanında, toleransları minimum maliyetle elde eder ve ürünün tüketici üzerinde yol açtığı kaybı en aza indirerek, yeni bir kalite maliyeti ortaya çıkarmaktadır (Şirin et al., 2015).

2. Deneysel Çalışma

2.1. Frezeleme Deneyleri ve Kesici Takımlar

Frezeleme deneyleri, kuru, MMY ve nano MMY işleme şartları altında maksimum devri 10000 dev/dak, fener mili motor gücü 11 kW olan DELTA SEIKI CNC-1050 A marka CNC freze tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Deneysel tasarım Şekil 1’de gösterilmektedir. Deneylerde kullanılan Waspaloy süper alaşımı 150x100x21 mm ölçülerinde kesilmiş ve mengeneye bağlanmaya uygun hale getirilmiştir. Deney malzemesine ait kimyasal kompozisyon Tablo 1’de verilmiştir. Frezeleme deneyleri için üç kesme hızı (20, 40, 60 m/dak), üç ilerleme (0.05, 0.10 ve 0.15 mm/dev) ve üç soğutma/yağlama yöntemi (kuru, MMY ve nano MMY) işleme parametresi olarak seçilirken kesme derinliği bütün deneyler boyunca sabit (0.8 mm) tutulmuştur.



Şekil 1. Denei düzeneği

Tablo 1. Waspaloy'un kimyasal kompozisyonu

| %Al | %B | %C | %Cr | %Co | %Fe | %Mo | %Ni | %Ti | %Zr |
|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|
| 1.40 | 0.010 | 0.050 | 19.50 | 13.00 | 1.00 | 4.30 | 57.00 | 3.00 | 0.70 |

Frezeleme deneyleri için Sandvik firması tarafından üretilen ve özellikleri Tablo 2'de verilen R390-11 T3 08M-MM kesici takım seçilmiştir. Takım tutucu olarak yine Sandvik firmasına ait R390-025A25-11L kodlu takım tutucu tercih edilmiştir. Deneyler esnasında kesici takımda oluşacak aşınma etkilerini ortadan kaldırmak için her uç sadece bir kez kullanılmıştır.

Tablo 2. Kesici uç özellikleri

| ISO kodu | Kalite | Kaplamaya Yöntemi | Kaplama Türü | Sertlik (HV ₃) | Kaplamaya Kalınlığı (µm) | Köşe Radyüsü (mm) |
|-------------------|---------|-------------------|--|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| R390-11 T3 08M-MM | GC 2040 | CVD | TiCN/Al ₂ O ₃ /TiN | 1300 | 3 | 0.8 |

2.2. MMY Sistemi ve Nano Partikül

Talaş kaldırma deneyleri esnasında SKF firması tarafından üretilen Vario modeli MMY sistemi kullanılmıştır. Yapılan ön deneyler ve literatür araştırması neticesinde MMY parametresi olarak; 8 bar basınç, Belgin oil marka bitkisel esaslı kesme yağı (yoğunluk: 0.895 g/cm³-

20°C, kinematik viskozite: 5 mm²/sn-40 °C, parlama noktası: 170 °C), 50 ml/h debi, 30 mm püskürtme mesafesi ve 45° püskürtme açısı seçilmiştir.

Nano MMY kesme şartı için ortalama 50-80 µm çapındaki Al₂O₃ tozları bitkisel esaslı kesme sıvısının içerisine hacimce %1 oranında katılmıştır. Karışımın homojenliğini arttırmak için Daihan marka WiseTis HG-15D model dijital homojenizatör kullanılarak homojen bir karışım elde edilmiştir. Homojenizatör, 2 saat süre ile 5000 dev/dak devirde çalıştırılmıştır. Karışım oranlarının hazırlanırken Radwag marka PS 510.R1 model hassas terazi kullanılmıştır.

2.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Frezeleme deneyleri sonunda elde edilen yüzeylere ait ortalama yüzey pürüzlülük değeri (Ra) Taylor Hobson (Surtronic 25) marka taşınabilir ölçüm cihazı aracılığıyla yapılmıştır. Her yüzey daha önce kullanılmamış bir takımla işlenmiştir. Ölçüm yapılacak yüzeylerin oksitlenmemesi ve ölçüm değerlerini etkilememesi amacıyla ölçme bekletilmeden yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçümleri, işlenen yüzey üzerinden işleme yönünde, üç noktadan birer kez ölçülmüş ve ölçülen değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır.

3. Deney Sonuçlarının Analizi

3.1. Sinyal/Gürültü (S/N) Oranlarının Analizi

Yüzey pürüzlülüğünün düşürülmesi, işlenmiş yüzeye ait yüksek kalitenin ve düşük üretim maliyetinin elde edilmesi demek olduğundan son derece önemlidir. Deneysel çalışma sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerlerinin optimizasyonu, her bir kontrol faktörünün optimizasyonunu sağlayan sinyal/gürültü (S/N) oranlarının analiziyle yapılmıştır. Deneysel çalışma sonucu bulunan ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri ve bu değerlere ait S/N oranları Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre, yüzey pürüzlülüğünün ortalama değeri 0.278 µm çıkarken S/N oranlarının ortalama değeri 12.12 dB çıkmıştır.

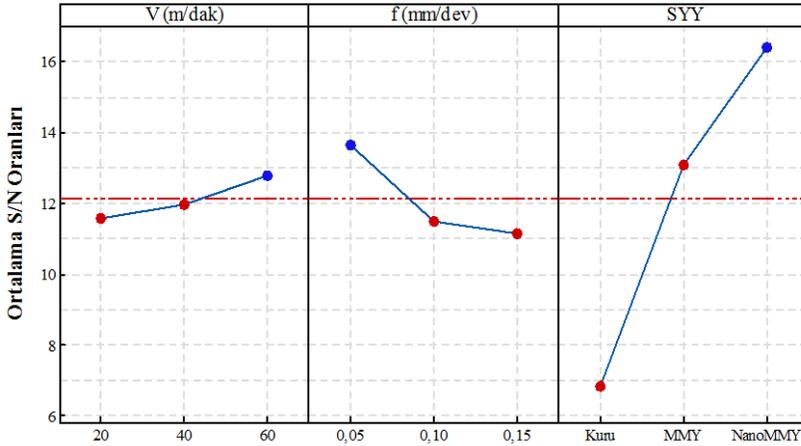
Tablo 3. Deney sonuçları ve S/N oranları.

| Dene y No | Kesme hızı, V (m/dak) | İlerle me, f (mm/d) | Soutma/yağl ama vöntemi | R a | S/N Oranı (dB) |
|--------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------|----------------------|
| 1 | 20 | 0.05 | Kuru | 0 | 8.64 |
| 2 | 20 | 0.10 | MMY | 0 | 11.7 |
| 3 | 20 | 0.15 | Nano MMY | 0 | 14.4 |
| 4 | 40 | 0.05 | MMY | 0 | 13.9 |
| 5 | 40 | 0.10 | Nano MMY | 0 | 16.4 |
| 6 | 40 | 0.15 | Kuru | 0 | 5.51 |
| 7 | 60 | 0.05 | Nano MMY | 0 | 18.4 |
| 8 | 60 | 0.10 | Kuru | 0 | 6.37 |
| 9 | 60 | 0.15 | MMY | 0 | 13.5 |

Her bir kontrol faktörünün yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin hangi seviyede olduğunu belirlemek için S/N yanıt balosu kullanılmaktadır ve bu çalışmaya ait yanıt tablosu Tablo 4'te verilmiştir. Taguchi tekniği kullanılarak yapılan bu tablo, en uygun seviyeleri göstermektedir. Her kontrol faktörü için en iyi seviye, bu kontrol faktörünün seviyelerindeki en yüksek S/N oranına göre bulunmuştur. Buna göre, en iyi Ra değerini veren faktörler için seviye ve S/N oranları; faktör A (Seviye 3, S/N = 12.782), faktör B (Seviye 1, S/N = 13.677) ve faktör C (Seviye 3, S/N = 16.440) olarak belirlenmiştir. Diğer bir deyişle, 60 m/dak kesme hızı (A_3), 0.05 mm/dev ilerleme (B_1) ve hacimce %1 nano partikül içeren MMY sistemi (C_3) optimum yüzey pürüzlülüğü değerini vermiştir. Optimum yüzey pürüzlülüğü değerleri için kontrol faktörleri ayrıca Şekil 3'te grafiksel olarak verilmiştir. Şekil. 3 incelenerek yüzey pürüzlülüğünü en aza indirmek için gerekli olan optimum değerler kolaylıkla bulunabilir.

Tablo 4. Ra için S/N yanıt tablosu

| | Kontrol Faktörleri | | |
|--------|--------------------|---------------|---------------|
| | A | B | C |
| Seviye | 11.587 | 13.677 | 6.842 |
| Seviye | 11.991 | 11.518 | 13.079 |
| Seviye | 12.782 | 11.165 | 16.440 |
| Delta | 1.195 | 2.512 | 9.598 |



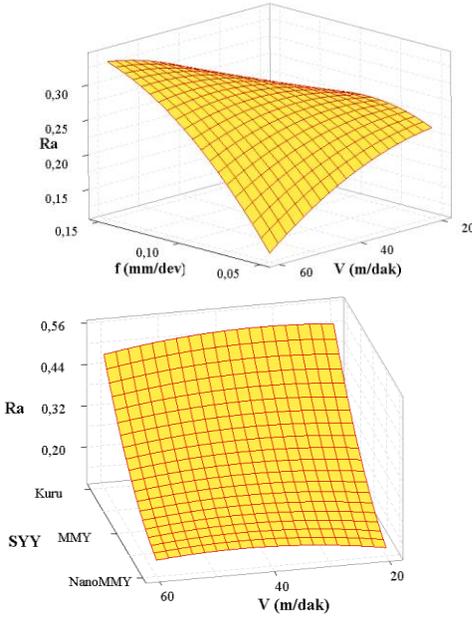
Signal-to-noise: Smaller is better

Şekil 2. İşleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi

3.2. Sonuçların Değerlendirilmesi

İşleme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki değişimi gösteren üç boyutlu yüzey grafikleri Şekil 3'te verilmiştir. Kesme hızı ile ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini gösteren grafik

incelendiğinde, kesme hızının artması ile birlikte yüzey kalitesinin de arttığı görülmektedir (Şekil 3a). Bunun sebebinin kesme bölgesinde oluşan ısının kesme hızı ile artması ve bir noktaya kadar bu ısı artışının kesmeyi olumlu yönde etkilemesiyle açıklanabilir. Bir başka deyişle, kesme hızının artması ile kesme bölgesindeki ısı artmakta ve plastik deformasyon için harcanan güç azalmaktadır. Bu şekilde de kesme daha kolay olmakta ve yüzey kalitesi daha düzgün çıkmaktadır. Yine aynı grafikte ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü ile ilişkisi incelendiğinde, ilerlemenin artması ile birlikte yüzey kalitesinin azaldığı görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğü ilerlemenin doğal bir fonksiyonudur ve ilerlemenin artması ile birlikte yüzey kalitesinin azalması beklenen bir durumdur.



a)

b)

Şekil 3. Giriş parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün değişimi a) kesme hızı ve ilerleme hızı b) soğutma/yağlama yöntemi ve kesme hızı

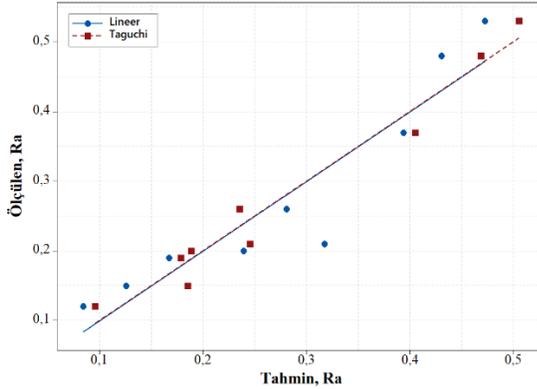
Soğutma/yağlama yönteminin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini gösteren grafik incelendiğinde en düşük yüzey pürüzlülüğünün nano MMY sistemi ile elde edildiği görülmektedir (Şekil 3b). Özellikle süper alaşım gibi işlenebilirliği zor malzemelerden talaş kaldırırken kuru işlemenin düşük yüzey kalitesi vermesi beklenen bir durumdur. Grafikte de görüldüğü gibi kesme sıvısı kullanımı ile birlikte yüzey kalitesi iyileşmeye başlamıştır. Nano partiküllerin yağlamayı daha da artırması sonucu takım-iş parçası arasında oluşan film tabakasının daha kuvvetli olması sonucu sürtünme azalmış ve böylece yüzey kalitesi artmıştır.

3.3. Regresyon Analizi

Çalışmanın bu bölümünde, deneysel çalışma aracılığıyla elde edilen 9 adet ortalama yüzey pürüzlülük değeri regresyon analizi için eğitim verisi olarak kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü için lineer regresyon denklemi kesme hızı, ilerleme ve soğutma yağlama tipi parametreleri esas alınarak oluşturulmuş ve aşağıda verilmiştir;

$$Ra = 0,5089 - 0,00008 V \text{ (m/dak)} + 0,800 f \text{ (mm/dev)} - 0,1533 \text{ SYY}$$

Elde edilen lineer denklemin belirleme katsayısı (R^2) 0.872 olarak hesaplanmıştır. Gerçek deney sonuçları ile tahmin modelleri sonucu elde edilen tahmin sonuçlarının karşılaştırılması Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Deney sonuçları ile tahmin değerlerinin karşılaştırılması

4. Sonuçlar

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

- En düşük yüzey pürüzlülüğü değeri Nano MMY altında 60 m/dak kesme hızı ve 0.05 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir.
- En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri kuru işleme, 20 m/dak kesme hızı ve 0.15 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir.
- Nano partikül katkılı MMY sistemi yüzey kalitesinin iyileştirilmesi işleminde önemli katkılar vermiştir.
- Regresyon modeli yüzey pürüzlülüğü için ölçülen değer ile tahmin edilen değer arasında %87.2’lik bir korelasyon katsayısı vermiştir.

KAYNAKÇA

Altintas, Y. (2012). *Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and CNC design* (2nd ed.). New York, United States: Cambridge University Press.

Asiltürk, I., & Neşeli, S. (2012). Multi response optimisation of CNC turning parameters via Taguchi method-based response surface analysis. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 45(4), 785–794. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2011.12.004>

Khan, M. M. A., Mithu, M. A. H., & Dhar, N. R. (2009). Technology

Effects of minimum quantity lubrication on turning AISI 9310 alloy steel using vegetable oil-based cutting fluid. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(1), 5573–5583.

<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2009.05.014>

Kumar, A., Kumar, R., Rai, A., & Kumar, A. (2016). Characterization and experimental investigation of Al₂O₃ nanoparticle based cutting fluid in turning of AISI 1040 steel under minimum quantity lubrication (MQL). *Materials Today: Proceedings*, 3(6), 1899–1906. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2016.04.090>

Pollock, T. M. (2016). Alloy design for aircraft engines. *Nature Materials*, 15(8), 809–815.

Şirin, E., Şirin, Ş., Turgut, Y., & Korkut, İ. (2015). Optimization of Surface Roughness Using the Taguchi Method in Milling of AISI D2 Cold Work Tool Steel. *Düzce University Journal of Science & Technology*, 3, 132–144. Retrieved from <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/56331>

Ulutan, D., & Ozel, T. (2011). Machining induced surface integrity in titanium and nickel alloys: A review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 51(3), 250–280. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2010.11.003>

Yildirim, Ç. V., Kivak, T., Erzincanlı, F., Uygur, İ., & Sarıkaya, M. (2017). Optimization of MQL parameters using the Taguchi method in milling of nickel based waspaloy. *Gazi University Journal of Science*, 30(2), 173–186.

Yıldırım, Ç. V., Kivak, T., & Erzincanlı, F. (2015). Minimum miktarda yağlama tekniğinin delme ve taşlama operasyonlarındaki uygulamaları üzerine bir derleme. In Sabancı Üniversitesi (Ed.), *6. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu (UTİS'15)*. İstanbul.

KARBON NANOTÜP TAKVİYELİ YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

*Investigation of Mechanical Properties of Carbon Nanotubes Reinforced
High Density Polyethylene Composite Materials*

Mahmut KORKMAZ*, **Ahmet YAPICI****, **Erdoğan KANCA*****,
Hakan GÜĞÜL****

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin her alanda gelişmesiyle birlikte kompozit malzemelerde de araştırmalar hız kazanmıştır. Hafif ve mukavemet değerlerinin yüksek olması birçok sektörde kompozit malzeme kullanılmasında önemli bir rol oynamıştır. Kullanım alanları artarken aynı zamanda farklı tip kompozit malzemelerin araştırılması ve takviye yapılarak daha dayanıklı kompozit malzeme üretimi ve araştırma çalışmalarını da beraberinde getirmiştir [1-3].

Kompozit malzemelerde yapılan çalışmalar devam ederken nano teknoloji de hızla gelişmektedir. Nano teknoloji günümüzde yaygın bir kullanıma ulaşmıştır. Bu şekilde nanokompozit olarak birçok malzeme üretilmiştir [4].

Karbon nanotüp, kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinde iyi bir artış sağlamıştır. Karbon nanotübün çok dayanıklı olması ve kullanılan en iyi fiber olması ön plana çıkmasında etkili olmuştur. Karbon nanotüpler, hafif ve yüksek elastiklik modülüne sahip nano malzemedir [4-6].

Bu çalışmada yüksek yoğunluklu polietilene karbon nanotüp takviyesi yapılarak deney numuneleri oluşturulmuş ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Karbon nanotüp %0,5; %1 ve %1,5 oranlarında eklenerek kompozit plaka üretimi yapılmış olup malzemenin mukavemet özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)

YYPE, petrol ürünü olup etilen gazlarından oluşur ve etilenin katalizörler eşliğinde hekzan ortamında polimerizasyonu ile üretilirler.

YYPE bir tür termoplastik malzemedir. YYPE'nin monomer ham maddesi olan etilen, ham petrolden elde edilmektedir. YYPE'nin yoğunluğu 0,94-0,97 g/cm³ aralığında değişmektedir. Genel olarak ortalama yoğunluğu 0,96 g/cm³ olarak bilinmektedir. Düşük yoğunluklu polietilen (AYPE) ise 0,915-0,926 g/cm³ aralığında yoğunluğa sahiptir. YYPE ve AYPE görünüm olarak birbirine benzese de YYPE, AYPE'ye göre çok sert ve dayanıklıdır. Kullanım sıcaklığı -80 °C ile 80 °C arasında değişmektedir. Erime noktası 130-135 °C arasındadır [7-9]

YYPE'nin özellikle çekme ve darbe dayanımı yüksektir. Mukavemet değerleri katkı malzemeleriyle daha da arttırılabilir. Düşük sıcaklık değerlerinde diğer mekanik özellikler bakımından oldukça iyi sonuçlar alınabilir. [7-9].

Çalışmada kullanılan YYPE Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Yüksek yoğunluklu polietilen

Karbon Nanotüp (KNT)

KNT'ler saf C atomlarından meydana gelen nano boyutlu partiküllerdir. Mekanik, fiziksel, kimyasal ve elektriksel olarak üstün özelliklere sahiptirler. Günümüzde kullanılan çelik malzemesinden daha sert ve daha dayanıklı yapıdadırlar [10].

Karbon nanotüpler üzerinde son yıllarda çok sayıda çalışma yapılmış, sentezleme işlemleri ve kompozitlerde takviye elemanı olarak kullanımı artmış olup araştırma geliştirme çalışmaları devam etmektedir [11-15].

Karbon nanotüpler, kristal haldeki grafitlerden oluşan silindirik şekilli yapılardır. Yapılarına göre iki tip karbon nanotüp bulunmaktadır. Bunlar tek duvarlı karbon nanotüp ve çok duvarlı karbon nanotüplerdir. Her iki tip KNT güçlü özelliklere sahip olup sadece boyut farklılıkları vardır. KNT'leri kuvvetli yapan en önemli etkenlerden birisi kimyasal yapılarıdır. Kafes yapısı içerisinde birbirlerine kuvvetli bir şekilde

bağlanmış C atomlarından dolayı dayanıklı bir yapı meydana gelir. Her bir C atomu 3 adet C atomuna kovalent bağ ile bağlanır [11-16]

Yapılan bu çalışmada kullanılan KNT, çok duvarlı tip olup Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çok duvarlı karbon nanotüp

2.2. Yöntem

KNT’ler YYPE granülleriyle üç farklı oranda karıştırılmış ve kompozit plakalar üretilmiştir. Bu plakalardan lazer kesim cihazı ile testler için deney numuneleri kesilmiştir. Testlerde çekme deneyi, izod darbe deneyi ve düşük hızlı darbe deney yöntemleri kullanılmıştır.

KNT ve saf YYPE öncelikle hassas terazi yardımıyla tartılarak karıştırılmıştır. Karışımın toplam ağırlığına oranla %0,5 oranında, %1 oranında ve %1,5 oranında KNT’ler ayrı ayrı YYPE granülleri içerisine eklenerek karıştırılmıştır. Karışım beher içerisinde yapılmış olup homojen bir karışımın kolaylığı açısından aseton ilave edilerek ilk olarak ultrasonik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Ultrasonik karıştırıcı yüksek frekansta akım göndererek partiküller üzerinde bir titreşim meydana getirir ve birbirlerine belli oranda yapışması sağlanır. Ultrasonik karıştırıcıda 30 dakika süren karıştırma işleminden sonra KNT ve YYPE karışımı belirli bir oranda homojen hale gelmiş ve ardından ısıtılmalı manyetik karıştırıcıda karıştırılarak biraz daha fazla homojenlik elde edilmiştir. Manyetik karıştırıcı sıcaklığı 70 °C’ye ayarlanmış bu sıcaklık altında yapılan karışım sırasında hem aseton buharlaşmış hem de KNT YYPE moleküllerine daha fazla homojen olarak karışmıştır. Sıcaklık ayarının 70 °C olmasının sebebi asetonun kaynama noktasının 56 °C olmasıdır. Bu durumda beher içindeki asetonun tamamen buharlaşması 2-3 saat aralığında tamamlanmıştır.



Şekil 3. Ultrasonik karıştırıcı



Şekil 4. Manyetik karıştırıcı

Manyetik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra gözle görülür homojen hale gelen KNT katkılı YYPE (Şekil 5) çift vidalı ekstruderden geçirilerek ve ardından polimer kırıcıdan geçirilerek tamamıyla homojenlik sağlanmıştır (Şekil 6).



Şekil 5. Manyetik karıştırıcıdan çıkan ürün



Şekil 5. Ekstruderden çıkan malzeme

Ekstruderden elde edilen ürün sıcak pres makinasında kalıp içerisinde basılarak plakalar üretilmiştir. Her bir orandaki KNT'li ürün ayrı ayrı basılmış ayrıca mekanik özellikleri karşılaştırma amaçlı saf YYPE'den de plaka üretilmiştir.

Pres makinası alt tablası üzerine 4 mm kalınlığında teflon kaplı kalıp yerleştirilip içerisine KNT katkılı YYPE granülleri koyulup düz bir şekilde dağıtılmıştır. Bu durumda ürün sıcak üretime hazır hale getirilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. KNT takviyeli YYPE'nin kalıba yerleştirilmesi

Ürünün kalıba yerleştirilmesinden sonra ilk olarak pres makinası ısıtılmaya başlanmış ve malzemeye basınç uygulamadan temas edecek şekilde bastırılmıştır. Pres makinasının ilk sıcaklık değeri 120 °C'ye ayarlanmıştır. Amaç, granüller arasındaki hava ve boşlukların, granülü tamamen eritmeden akışkan forma getirip dolmasıdır. Sıcaklık değeri her iki tablada 120 °C'ye ulaştığında 5'er dakika aralıklarla sırasıyla 130 °C ve 140 °C sıcaklıklara çıkmış ve bu sıcaklıklarda beklenmiştir. Sıcaklık ayarlarının artışına paralel olarak basınç uygulanmış ve basınç kademeli olarak arttırılmıştır. Sıcaklık değeri 140 °C'ye ulaştığında pres makinası basıncı tamamen arttırılarak 10 dakika beklenmiştir. Bu durumda eriyen malzeme homojen bir şekilde kalıbın şeklini almıştır. 10 dakikanın sonunda pres makinasının enerjisi kesilerek soğutma işlemi başlatılmıştır. Soğutma işlemi bittikten sonra kalıp içindeki ürün çıkarılarak plaka üretimi tamamlanmıştır (Şekil 7).



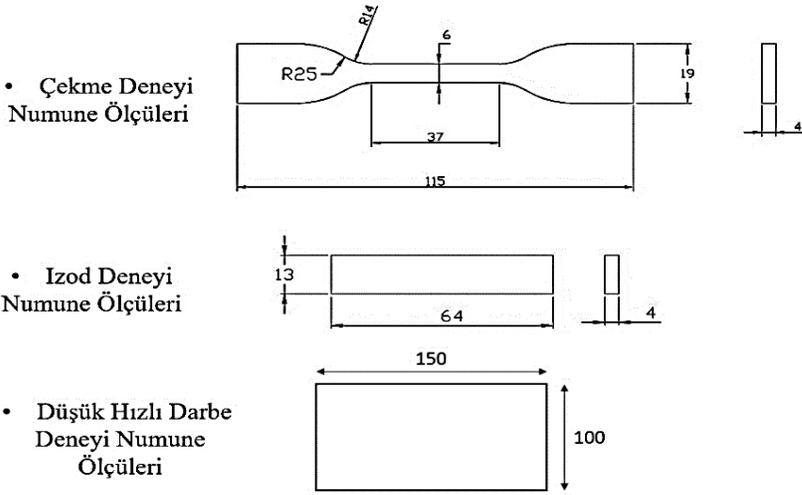
Şekil 7. Üretimi tamamlanan kompozit plaka

Üretilen kompozit plakalar 45 dakika süren sıcak üretim ve ardından 20-30 dakika arası soğutma işleminden sonra elde edilmiştir. Mekanik

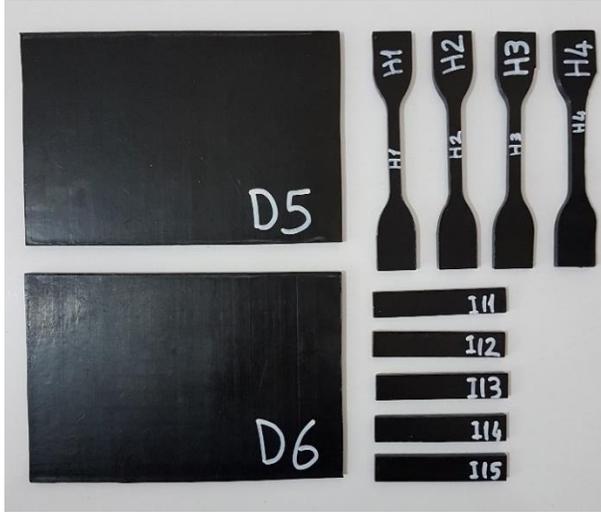
özelliklerin karşılaştırılması için saf YYPE'den de plaka üretilmiş ve toplamda 4 adet malzeme türünden deney numuneleri hazırlanmıştır.

- Saf YYPE
- %0,5 KNT katkılı YYPE
- %1 KNT katkılı YYPE
- %1,5 KNT katkılı YYPE

Üretilen kompozit plakalar, lazer kesim cihazı ile önceden belirlenen ölçülerde (Şekil 8) kesilerek çekme deneyi, izod darbe deneyi ve düşük hızlı darbe deneyi numuneleri elde edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 8. Kesilen deney numuneleri ölçüleri



Şekil 9. Deney numuneleri

3. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

3.1. Çekme Deneyi

Çekme testinden elde edilen sonuçlar her bir malzeme türü için Şekil 10'da grafikte verilmiştir.



Şekil 10. Çekme deneyi sonuçları

Çekme deneyi sonuçları incelendiğinde saf YYPE'nin maksimum gerilmesi $22,12 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir. Saf YYPE'ye %0,5 oranında KNT ilavesinde maksimum gerilme değeri %18,62 oranında

artarak $26,24 \text{ N/mm}^2$ 'ye çıkmıştır. KNT takviye oranı %1'e çıktığında malzemenin akma dayanımı, yani max. gerilme değeri $25,21 \text{ N/mm}^2$ olmuş ve %0,5 KNT oranına göre düşüş tespit edilmiştir. Bu durumda düşüş oranı %3,92 olduğu görülmüştür. Grafiğin dördüncü sütununda belirtilen %1,5 oranında KNT takviye edilen malzemenin sonuçlarına bakıldığında mukavemet değerinde yine bir düşüş görülmüş ve max. gerilme değeri %2,49'luk bir düşüşle $24,58 \text{ N/mm}^2$ olmuştur.

KNT takviyesi, YYPE'nin mukavemet değerlerini artırmıştır. Ancak en yüksek değer %0,5 oranında KNT takviyeli malzemede olduğu tespit edilmiş, KNT takviye oranı %1 ve %1,5'e çıktığında max. gerilme değeri giderek azalmaktadır. Tespit edilen bu değerlere göre %0,5'in altında veya %0,5 ile %1 arasında KNT oranında kompozitin en fazla dayanım değerine sahip olacağı öngörülmektedir.

3.2. Izod darbe Deneyi

Izod darbe deneyi sonuçlarına göre numunelerin darbe dayanımları Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11. Izod darbe deneyi sonuçları

Izod darbe deneyi, deney cihazı çenesine yerleştirilen numuneye sarkaç tipi çekicin belirli bir yükseklikten bırakılıp çarptırılması ve numuneyi kırması için gerekli enerji miktarının tespiti amacıyla yapılmıştır. Malzemeyi kırmak için gerekli bu enerji miktarı, malzemenin darbeye karşı gösterdiği direnç değerini verir. Darbe direnci sarkacın bırakıldığı ilk yükseklik ve numuneyi kırdıktan sonra çıkmış olduğu

ikinci yükseklikteki potansiyel enerjileri arasındaki fark hesaplanarak tespit edilir.

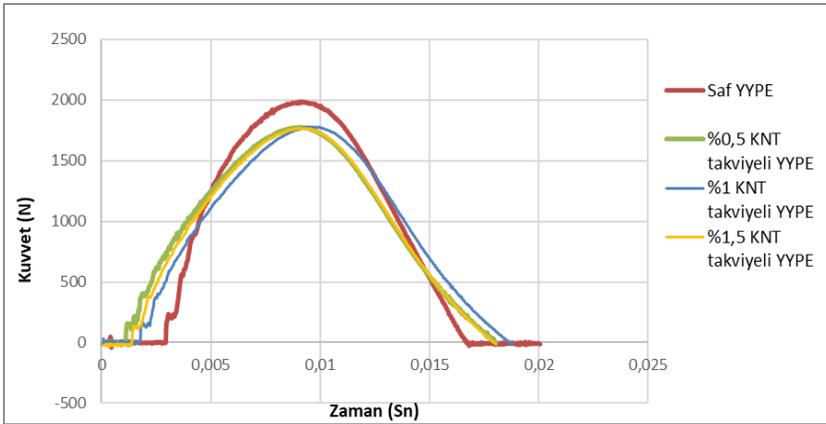
Deney sonucu elde edilen verilere göre oluşturulan grafik incelendiğinde YYPE'nin darbe dayanımı $18,47 \text{ kJ/m}^2$ değerinde olduğu görülmektedir. %0,5 oranında KNT takviyesiyle YYPE'nin darbe dayanımı $22,53 \text{ kJ/m}^2$ değerine çıkarak %21,98 oranında mukavemet artışı sağlanmıştır. KNT takviye oranı %1'e çıkarıldığında, darbe direnci $20,32 \text{ kJ/m}^2$ değerine düştüğü ve %0,5 KNT takviyeli numuneye göre %9,80 oranında bir düşüş olduğu görülmüştür. KNT oranı %1,5'e çıkarıldığında ise darbe dayanımı %5,36 oranında azalarak $19,23 \text{ kJ/m}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

KNT takviyesi ile YYPE'nin darbe direncinin artması sağlanmıştır. Ancak çekme deneyi sonuçlarında olduğu gibi izod darbe deneyinde de en yüksek dayanım değeri %0,5 oranında KNT takviyeli malzemede olduğu görülmüştür. KNT takviye oranı %1 ve %1,5'e çıktığında darbe dayanım değerleri giderek azalmaktadır.

3.3. Düşük Hızlı Darbe Deneyi

Düşük hızlı darbe deneyinde, cihazın vurucu kütlesi belli bir hızda numuneye çarptırılarak numune yüzeyindeki yer değiştirme miktarları ve uygulanan kuvvetler tespit edilmiştir.

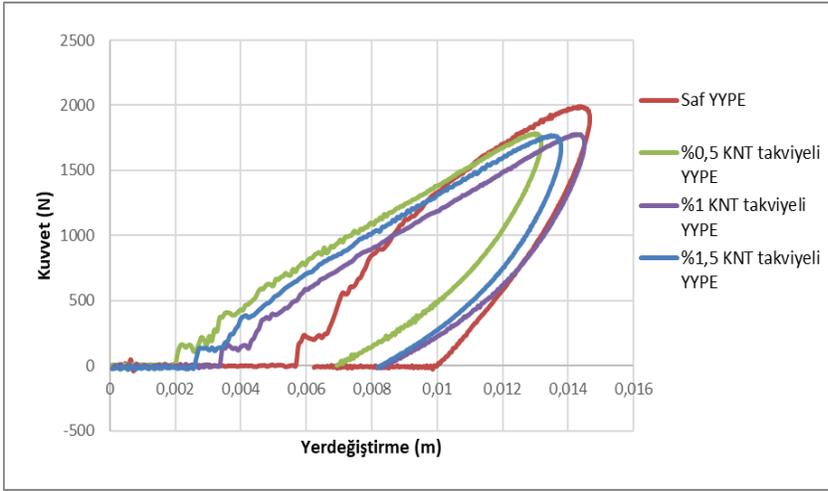
Deneyden elde edilen verilere göre zamana bağlı kuvvet değerlerinin değişimi Şekil 12'de tüm nümeler için karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 12. Düşük hızlı darbe deneyi kuvvet-zaman grafiği

Grafiğe göre, YYPE'nin diğer malzemelere göre kuvveti etkisi altında daha fazla kaldığı görülmüştür. YYPE'nin plastik yapısından dolayı numuneye uygulanan kuvvet sıfırlandığında da kuvvetin etkisinin devam ettiği tespit edilmiştir. Bu duruma göre saf YYPE'nin esnek özelliğinin ön plana çıktığı söylenebilir. KNT takviyesi ile de uygulanan kuvvetlerin azaldığı ve kuvvet etkisinin daha kısa süre devam ettiği görülmektedir.

Uygulanan kuvvet etkisi altında numunelerde geçici veya kalıcı şekil değişimleri meydana gelmiş olup yer değiştirme/deplasman miktarları Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 13. Düşük hızlı darbe deneyi kuvvet-yer değiştirme grafiği

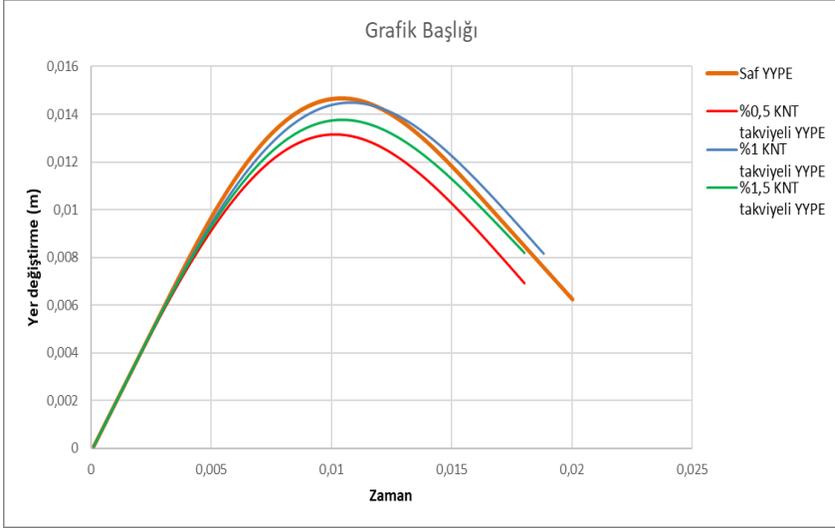
Grafikte belirtilen diyagramlara göre uygulanan kuvvetler karşısında en fazla geçici yer değiştirme miktarı saf YYPE plakada olduğu görülmüştür. YYPE sünek yapısından dolayı kuvvet etkisinde esnemiş ve kuvvetin etkisi kalktıktan sonra eski şeklini almaya yönelmiştir. Bu sünek davranışından dolayı grafikte görülen en az kalıcı şekil değiştiren malzeme olduğu tespit edilmiştir.

YYPE'ye KNT takviyelerinde uygulanan kuvvetin saf YYPE'ye oranla daha az olduğu ancak kuvvetin birden arttığı görülmüştür. KNT takviyesi YYPE'ye tok bir yapı kazandırarak kuvvet etkisinden sonra eski şeklini almaya yönelmemiştir.

Genel olarak bakıldığında kalıcı yer değiştirme miktarı en fazla %1 ve %1,5 KNT takviyeli malzemede olmuştur. %0,5 oranda KNT

takviyesinde kalıcı şekil değişiminin daha az olduğu ve en az kalıcı şekil değişiminin de saf YYPE’de olduğu görülmüştür.

Numuneler üzerinde meydana gelen şekil değiştirme miktarlarının zamana bağlı değişimi ayrıca Şekil 14’te gösterilmiştir.



Şekil 13. Düşük hızlı darbe deneyi yer değiştirme-zaman grafiği

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada YYPE ile ağırlığınca %0,5; %1 ve %1,5 oranlarında çok duvarlı karbon nanotüp ilave edilip, sıcak pres makinası yardımıyla 4 mm kalınlığında plakalar üretilmiş ve mekanik özellikleri arasındaki değişimler incelenmiştir. Genel olarak deney sonuçlarından elde edilen verilere bakıldığında YYPE’ye KNT takviyesi mukavemet değerlerini arttırmıştır. En fazla mukavemet değeri %0,5 KNT takviyeli YYPE’de görülmüş olup bu oranın üstünde takviye edilen KNT’ler mukavemet değerlerini giderek düşürmüştür.

Bu çalışmada elde edilen en yüksek mukavemet değerleri %0,5 KNT takviyesinde olduğundan dolayı, KNT takviyesi %0,5’in altında veya %0,5 ile %1 arasında oranlarda yapılarak daha iyi sonuçlar alınabilir. Ayrıca üretim yöntemleri de malzemenin deney sonuçlarını değiştirebildiğinden farklı üretim yöntemleri araştırılıp uygulanarak mukavemet değerleri daha fazla artırılabilir.

KAYNAKLAR

[1] Kara, Y. ve Akbulut, H. (2017) Karbon elyaf takviyeli karbon nanotüp katkılı epoksi kompozit helisel yayların mekanik davranışları. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 1304-4915.

[2] Dural Erem, A. ve Özcan, G. (2013). Polimer esaslı nanokompozitler ve tekstil uygulamaları. Tekstil ve Mühendis, 20: 89, 36-47.

[3] Taşyürek, M. ve Tarakçıoğlu, N. (2015). Karbon nanotüp ile modifiye edilmiş filaman sarım boruların iç basınç altındaki hasar davranışı. Politeknik Dergisi, 18 (4), 211-217.

[4] Küçükyıldırım, B.O. ve Eker, A.A. (2012). Karbon nanotüpler, sentezleme yöntemleri ve kullanım alanları. Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt:53, Sayı:630.

[5] Kaya, A.İ. (2016). Kompozit malzemeler ve özellikleri. Putech & Composite Poliüretan ve Kompozit Sanayi Dergisi 29, 38-45.

[6] Wang, L. vd. (2015). Preparation and Mechanical Properties of Continuous Carbon Nanotube Networks Modified Cf/SiC Composite. Hindawi Publishing Corporation Advances in Materials Science and Engineering Volume 2015, Article ID 465358.

[7] Zeren, F. (2013). Değişik oranlarda nano ve mikro boyutlardaki caco_3 'ün yüksek yoğunluklu polietilenin özelliklerine etkilerinin incelenmesi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.

[8] Petkim. (2014) Termoplastikler
http://www.petkim.com.tr/UserFiles/file/uretim/urun_katalogu.pdf
adresinden erişildi. (ET: 28.05.2018)

[9] http://www.bayar.edu.tr/besergil/5_poliyeten.pdf (ET: 28.05.2018)

[10] Mutlay, İ. (2014). Karbon nanotüpler özellikler ve uygulamalar. grafen.com.tr/pdf/1459186118.pdf (ET: 29.05.2018).

[11] Tanın, M. (2016). Karbon nanotüp ve cam elyaf takviyeli yüksek yoğunluklu polietilen hibrit kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi. Yüksek lisans tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Hatay.

[12] Mirik, M. (2010) Karbon nanotüp takviyeli yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) nanokompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

[13] De Volder, M.F.L. vd. (2013). Carbon Nanotubes: Present and Future Commercial Applications. *Science* 339, 535.

[14] Ulus, H., Üstün, T., Şahin, Ö. S., Karabulut, S. E., Eskizeybek, V., Avcı, A. (2016). Low-velocity impact behavior of carbon fiber/epoxy multiscale hybrid nanocomposites reinforced with multiwalled carbon nanotubes and boron nitride nanoplates. *Journal of Composite Materials*, 0(0) 1–10.

[15] Yuca, N. (2012). Karbon nanotüplerin çeşitli yöntemlerle saflaştırılması. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

[16] Terrones, M. (2003). Science and technology of the twenty-first century: Synthesis, properties and applications of carbon nanotubes. *Annu. Rev. Mater.Res.*, 33:419–501.

YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK RAHİM AĞZI KANSERİNİN TEŞHİSİ VE SINIFLANDIRILMASI

Diagnosis and classification of cervical cancer using artificial neural networks

Kemal ADEM & Serhat KILIÇASLAN & Onur CÖMERT

1. GİRİŞ

Rahim ağzı kanseri dünya çapında kadınlar arasında en sık görülen dördüncü kanser türü olup ölüme sebebiyet vermektedir. Rahim ağzı kanseri Pap smear testi ile erken tanı uygulanarak tedavisi yapılabilen bir hastalıktır. Erken teşhise verilen önemin artmasıyla 2014 yılı verilerine göre rahim ağzı kanserinin dördüncü sıradan onuncu sıraya kadar gerilediği görülmüştür (Hacıkamiloğlu, Gültekin, Boztaş, Dünder, Utku, Ergün, Sevinç, Tütüncü, & Seymen, 2017). Dünya sağlık örgütünün (WHO) yapmış olduğu çalışmada ise rahim ağzı kanseri, 2012 yılında az gelişmiş bölgelerde yaşayan kadınlarda en sık görülen ikinci kanser türüdür. Yaklaşık olarak 445.000 kişide bu hastalık tespit edilmiş olup bu hastalıktan dolayı 270.000 kişinin öldüğü açıklanmıştır (Bailey, Chuang, DuPont, Eng, Foxhall, Merrill, Wollins, & Blanke, 2016). Rahim ağzı kanserinin genellikle ilk aşama semptomları belli değildir, fakat yaygın olan semptomlardan en belirginini olağan dışı vajina kanamasıdır (Goodman, 2000). Yapılan bu araştırmalar rahim ağzı kanserinin tedavisini gerçekleştirebilmek için erken teşhis yapılmasının önemli bir etken olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada, rahim ağzı kanserinin çevresel ve genetik faktörlere göre tahmin etmek için Pap smear test sonuçlarının sayısallaştırılmış veri kümesine klasik makine öğrenmesi uygulanarak teşhis destek sistemi önerilmiştir. Rahim ağzı kanserinin teşhisi için makine öğrenmesi yöntemi olarak YSA, KNN ve DVM kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan her bir model veri kümesi üzerinde uygulanarak performans karşılaştırmaları yapılmıştır. Çalışma, doktorların karar verme sürecini basitleştirmeyi ve önerilen modellerle rahim ağzı kanser teşhisi süresini kısaltmayı amaçlamaktadır.

Literatürde rahim ağzı kanseri üzerine kullanılan algoritmaların başarılarının karşılaştırmasına yönelik çok sayıda yapılmış çalışma bulunmaktadır. Rahim ağzı kanseriyle ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde makine öğrenmesi yöntemleri olarak DVM, Random Forest, C5.0, Lojistik Regresyon modellerinin kullanıldığı görülmüştür.

Makine öğrenmesi ile yapılan çalışmalardan, lojistik regresyon algoritmasını kullananların ilkinde 12 öznitelik kullanılarak 577'si eğitim, 133'ü test için oluşturulan 710 veri üzerinde %88. (Ho, Jee, Lee, & Park, 2004). İkincisinde ise 1728 veri ve 133 öznitelik dikkate alınarak %89 başarı oranı ile sınıflandırılmıştır (Yamal, Guillaud, Atkinson, Follen, MacAulay, Cantor, & Cox, 2015). C5.0 algoritmasının

kullanıldığı çalışmaların ilkinde 12 öznitelik bulunduran 168 verinin 50'si test için kullanılmış olup %92.44 (Tseng, Lu, Chang, & Chen, 2014), ikincisinde ise 10 öznitelik bulunduran 237 veri ile kural tabanlı sınıflandırmalar üzerinde çalışmalarda %67.5 (Sharma, 2016). DVM algoritmasının kullanıldığı çalışmada 858 veri, 32 öznitelik ve 4 adet sınıf özelliğine sahip veri kümesine boyut indirgeme algoritmaları da uygulanarak %90.48 doğru sınıflandırma oranı yakalanmıştır (Wu & Zhou, 2017). Random Forest yöntemi ile yapılan çalışmada ise 75 veri, 38 öznitelik ve 7 sınıflı veri kümesi üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiş olup %80.18 başarı oranı ile sınıflandırılmıştır (Kurniawati, Permanasari, & Fauziati, 2016).

Bu çalışmada, rahim ağzı kanserinin çevresel ve genetik faktörlere göre tahmin etmek için Pap smear test sonuçlarının sayısallaştırılmış veri kümesine ayrı ayrı YSA, KNN ve DVM makine öğrenmesi yöntemleri uygulanarak doğru sınıflandırma ve zaman performansları açısından karşılaştırmalar yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada rahim ağzı kanseri hastalığının makine öğrenmesi modelleri ile sınıflandırılması için kullanılacak 858 veri 32 öznitelik ve 4 hedef değişkene sahip veri kümesi '*UC Irvine Machine Learning Repository*' veri tabanından elde edilmiştir (Fernandes, Cardoso, & Fernandes, 2017). Hastalardan elde edilen verilerden 190 veri çıkartılmış ve geriye kalan 668 veri ve 30 özellik ile deneysel çalışmalar yapılmıştır. Veri kümesindeki 4 hedef değişken özniteliğinin adları Schiller, Citology, Biopsy ve Hinselmann olarak ifade edilir. Tablo 1'de, örneklerin hedef değişkenlere göre dağılımları verilmiştir.

Tablo 1. Örneklerin hedef değişkenlere göre dağılımları

| Hedef Değişkenler | Positive | | Negative | |
|-------------------|----------|-------|----------|--------|
| | Sayısı | Oran | Sayısı | Oran |
| Schiller | 63 | 9.43% | 605 | 90.57% |
| Citology | 39 | 5.84% | 629 | 94.16% |
| Biopsy | 45 | 6.74% | 623 | 93.26% |
| Hinselmann | 30 | 4.49% | 638 | 95.51% |

Bu çalışmada, her bir hedef değişkeni için ayrı ayrı YSA, KNN ve DVM modelleri uygulanmış ve her biri için doğru sınıflandırma başarı oranları ve zaman performansları karşılaştırılmıştır.

2.1. Veri Madenciliği

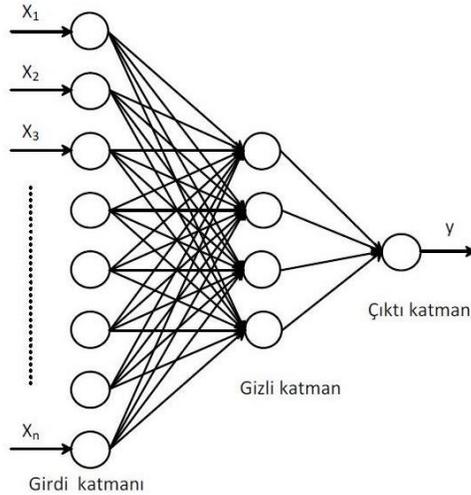
Veri madenciliği, veri tabanlarındaki büyük miktarda bulunan veri içerisinde, faydalı ve gizli kalmış verileri gün yüzüne çıkartılarak keşfedilme süreci olarak ifade edilebilmektedir. Veri tabanındaki ham veriler işlenmediği sürece her hangi bir anlam ifade etmemektedir. Bu

yüzden veri madenciliği veri tabanında bulunan verilere çok sayıda analiz yöntemleri kullanarak veri içerisinde bulunan ilişkileri keşfederek bunlara sınıflandırma, tahminleme, birliktelik kuralı ve kümeleme gibi yöntemler uygulanmasıyla verilerin değerlendirilmesini sağlamaktır (Ceylan ve Pekel, 2017).

2.1.1. YSA

Yapay sinir ağı (YSA), insan beyninin çalışma yapısını taklit etmesi geliştirilerek öğrenilmiş veya sınıflandırılmış bilgiler ışığında yeni bilgileri oluşturabilen, karar verme yeteneği olan bilgi işleme yapılarıdır (Yurtoğlu, 2006). YSA ilk hesaplama modeli olarak 1940'ların başında araştırmaya başlayan McCulloch ve arkadaşınının 1943 yılında yayınladıkları makaleyle bilim dünyasına girmiş bulunmaktadır (McCulloch ve Pitts, 1943). YSA'da insan beyni gibi nöronlar içerir ve bu nöronlar farklı biçimlerde birbirleriyle bağlanarak sinir ağını oluştururlar.

Bir tahmin metodu olarak, bu çalışmada YSA modeli kullanılmıştır. Yaygın olarak kullanılan geri yayılım algoritması ile YSA'nın eğitiminde çok sık olarak kullanılmaktadır. Şekil 1'de Geri beslemeli YSA modeli görülmektedir.



Şekil 1. Geri beslemeli yapay sinir ağı.

Şekil 1'de geri beslemeli yapay sinir ağı model, girdi, gizli ve çıktı katmanlarından oluştuğu görülmektedir. YSA'da, girdi katmanına giriş verisi olarak verilen bilgilere karşılığında Şekil 1'de görüldüğü üzere bir çıktı sonucu üretmektedir. Bu çıktı sonucunu üretebilmesi için belirli sayıdaki örnekler aracılığıyla model eğitilir ve yapay sinir ağı öğrenme

aşamasını gerçekleştirerek karar verme seviyesine ulaşabilir (Adem ve Ark., 2017).

2.1.2. *kNN*

kNN sınıflandırma yöntemi, sınıfları belirli olan veri kümesindeki sonuçlardan yararlanarak, veri kümesine yeni katılan yeni bir örneğin hangi sınıfa ait olduğunu bulmak için kullanılmaktadır (Dudani, 1976). Bu yöntem, veri kümesindeki her bir örneğin sonradan belirlenen örnek değerine olan uzaklıklarının hesaplanması ve en küçük uzaklığa sahip *k* sayıda örneğin seçilmesi esasına dayanmaktadır (Pan ve ark., 2004). Veri kümesi içerisindeki uzaklıkların hesaplanabilmesi için Euclidean, Manhattan ve Minkowski ölçütleri kullanılmaktadır (Lee, Wan, Rajkumar, & Isa, 2012). Çalışmada kullanılan Euclidean uzaklık parametresine ait formül Eşitlik 1’de verilmiştir.

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

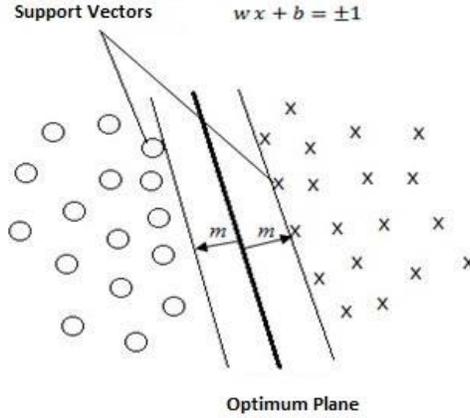
(1)

Bu algoritmanın adımları aşağıdaki gibidir.

- Adım 1. *k* parametresini belirle.
- Adım 2. Test verisindeki nokta ile tüm noktaların uzaklıklarını tek tek hesapla.
- Adım 3. Hesaplanan uzaklıklara göre satırları sırala ve en küçük *k* tanesini seç.
- Adım 4. Seçilen satırların hangi sınıfa ait olduklarını belirle ve en çok tekrar edilen sınıfı test verisinin sınıfı olarak ata.

2.1.3. *Destek Vektör Makinesi*

İstatistiksel öğrenme temeline dayalı gözetimli öğrenme algoritması 1963 yılında Vapnik ve Chervonenkis tarafından ortaya çıkmıştır (Cortes & Vapnik, 1995). Destek vektör makinesi (DVM) iki sınıfa ait verileri birbirinden en ideal şekilde ayırma amacıyla kullanılmaktadır. DVM, sınıflandırma analizi için oldukça etkili ve basit yöntemlerdendir (Huang et al., 2002). DVM’de ikili sınıflandırmalar için geliştirilmiş olup, az sayıdaki örnek ile iki sınıfı en uygun şekilde ayırmaya sağlayacak ve sınıflar arasındaki mesafenin maksimum olduğu optimum bir Şekil 2’deki gibi doğrusal hiper düzlemi belirlemeye çalışır. Veri kümesindeki mevcut sınıfa ait verilerin hiper düzlemde uzaklıklarının maksimum yapmak için optimum hiper düzlem kullanılır (Huang et al., 2002).



Şekil 2. Örnek bir optimum düzlem ve destek vektörleri (Chapelle & Vapnik, 2000).

Şekil 2’de görüldüğü gibi DVM’de uygun bir çekirdek fonksiyonu kullanılarak veri kümesini ayırabilecek en uygun hiper düzlem tespit edilmektedir. Daha sonra belirlenen hiper düzlem aracılığıyla iki sınıf birbirinden ayrılır. Doğrusal olarak ayrılabilen iki sınıflı bir sınıflandırma probleminde DVM’deki destek vektörlerinin denklemleri Eşitlik 2’de verilmektedir. Belirlenen hiper düzlemlerin adeti, sınıflandırma amacıyla kullanılacak veri kümesinin boyutuyla ilişkilidir.

$$\begin{aligned} wx + b = +1 & \quad y = +1 \text{ sınıfı için} \\ wx + b = -1 & \quad y = -1 \text{ sınıfı için} \end{aligned} \quad (2)$$

Burada y sınıf etiketlerini, w ağırlık vektörünü ve b ise yaklaşım değerini göstermektedir. Optimum düzlem aralığını arttırmak için Eşitlik 3’te görüldüğü gibi w değerinin minimum değerde tutulması gerekmektedir.

$$m = \frac{2}{\sqrt{ww}} \quad f_{min}(w) = \frac{ww}{2} \quad (3)$$

Eşitlik 3’e bağlı olarak,

$$y_i(wx_i + b) - 1 \geq 0 \quad (4)$$

elde edilir. Eşitlik 4 Lagrange denklemleriyle çözümlenerek Eşitlik 5’te gösterilmektedir.

$$L(w, b, a) = \frac{w^2}{2} - \sum_{i=1}^k a_i y_i (w x_i + b) + \sum_{i=1}^k a_i \quad (5)$$

Eşitlik 6'da iki sınıflı bir problem için destek vektör makinesinin vereceği karar fonksiyonu verilmektedir (Chapelle & Vapnik, 2000).

$$f(x) = \text{sign}(\sum_{i=1}^k a_i y_i (x_i) + b) \quad (6)$$

Tablo 2'de, çalışmada kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerinin eğitim aşamasındaki hesaplama karmaşıklığı değerleri, asimptotik ölçümler baz alınarak karşılaştırılmıştır (Cormen, Leiserson & Rivest, 1990; Murphy, 2012).

Tablo 2. Çalışmada kullanılan yöntemlerin hesaplama karmaşıklık değerleri

| Yöntem | Hesaplama Karmaşıklığı | Parametre |
|----------------|------------------------------|---|
| kNN | $O(M * \log k * N * \log N)$ | M: Öznitelik Sayısı k: Komşuluk Sayısı N: Satır Sayısı |
| DVM (Doğrusal) | $O(N^2)$ | N: Satır Sayısı |
| DVM (Gauss) | $O(N^2 * M)$ | M: Öznitelik Sayısı N: Satır Sayısı |
| YSA | $O(n * M * N)$ | n: Öznitelik Sayısı M: Gizli Nöron Sayısı N: Satır Sayısı |

Tablo 2'de görüldüğü gibi YSA ve kNN modelinin hesaplamaya karmaşıklığı DVM modellerine göre daha iyidir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada, rahim ağzı kanserinin sınıflandırılması için YSA, KNN ve DVM makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır. YSA modelinde kullanılan gizli katmanda 15 nöron, nöronlar içerisindeki aktivasyon için sigmoid fonksiyonu ve eğitim için de geri yayılım algoritması kullanılmıştır. DVM modelinde ise çekirdek fonksiyonu olarak doğrusal ve gauss fonksiyonları kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. kNN modelinde ise uzaklık ölçütü olarak Öklid kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veri seti eğitim ve test olarak iki yapıya bölünerek çalıştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3. Rahim ağzı kanseri sınıflandırması için gerçekleştirilen deneysel çalışma sonuçları

| Method | Schille | Citolog | Biopsy | Hinselm |
|---------------------|---------|---------|--------|---------|
| | r | y | | ann |
| | Accur | Accura | Accura | Accurac |
| | acy (%) | cy (%) | cy (%) | y (%) |
| kNN | 87.4 | 94.2 | 93.3 | 92.5 |
| YSA | 90.96 | 94.2 | 93.06 | 95.56 |
| DVM-Linear | 90 | 93.3 | 92.5 | 95.2 |
| DVM-Gaussian | 90.6 | 94.2 | 93.3 | 95.5 |

Tablo 3'te kullanılan makine öğrenmesi yöntemleri incelendiğinde DVM ve YSA'nın diğer yöntemlere göre doğru sınıflandırma açısından daha başarılı olduğu görülmektedir. DVM içerisinde de verilerin doğrusal dağılım göstermedikleri için çekirdek fonksiyon olarak Gauss kullanıldığında daha başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, Tablo 4'te deneysel çalışmalarda kullanılan algoritmaların eğitim zaman performansı sunulmaktadır.

Tablo 4. Rahim Ağzı Kanserinin Sınıflandırılma Zaman Performansları

| Method | Schille | Citolog | Biopsy | Hinselm |
|---------------------|---------|---------|--------|----------|
| | r | y | | ann |
| | Time | Time | Time | Time (s) |
| | (s) | (s) | (s) | |
| KNN | 0.502 | 0.547 | 1.372 | 0.608 |
| YSA | 0.522 | 0.625 | 0.835 | 0.581 |
| DVM-Linear | 0.863 | 0.651 | 2.572 | 0.963 |
| DVM-Gaussian | 1.049 | 0.901 | 2.524 | 1.317 |

Tablo 4'te görüldüğü gibi, YSA ve kNN yönteminin zaman performansı DVM'ye göre daha iyidir. Önerilen makine öğrenmesi yöntemlerinin literatürdeki aynı konuda yapılan çalışmalar ile karşılaştırılması sonuçları Tablo 5'de verilmektedir.

Tablo 5. Rahim ağzı kanseri sınıflandırması için önerilen yöntem ve literatür karşılaştırması

| Yazarlar | Yı | Veri | Yöntem | Başarı |
|----------|----|------|--------|--------|
|----------|----|------|--------|--------|

| | l | Sayısı | | Oranı (%) |
|-------------------|----------|---------------|----------------------------|------------------|
| Kurniawati et al. | 20 16 | 75 | Random Forest | 80.18 |
| Sharma et al. | 20 16 | 237 | Decision Stump | 37.97 |
| Sharma | 20 16 | 237 | C5 | 67.50 |
| Vidya et al. | 20 16 | 100 | Random Forest with K-means | 94.77 |
| Wu et al. | 20 17 | 858 | DVM | 92.75 |
| Fatlawi | 20 17 | 858 | Decision Tree | 60.90 |
| Ceylan et al. | 20 17 | 858 | Random Forest | 89.00 |
| Proposed Method-1 | 20 18 | 858 | DVM-Gaussian | 95.5 |

Tablo 5’de görüldüğü üzere Gauss çekirdeği kullanan DVM modelinin literatürdeki aynı konuda yapılan diğer çalışmalardan daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Çalışmada yakaladığımız başarı oranına en yakın sonuç olan K-means ile Random Forest uygulanan çalışmada da örnek sayısının az olması göz önüne alınmalıdır.

4. SONUÇ

Rahim ağzı kanseri kendini uzun süre gizleyebilir, ancak tedaviden kısa bir süre sonra doktor hastalığın yeniden oluşumunu birkaç değişikene dayanarak tahmin edebilirse bu durum yararlı olabilir. Doktorların her zaman doğru karar vermesi beklenir. Doğru kararı vermek için yıllar süren klinik çalışmalar ve deneyimlere ihtiyaç vardır ancak yine de hatalar her zaman mümkündür. Hastalığı daha iyi tahmin etmek için, birçok araştırmacı hastalığı etkileyen tümör boyutu, derinliği ve yeniden oluşma olasılığı gibi risk faktörlerini belirlemeye çalışmıştır. Bu çalışmada araştırdığımız problem ise hastalığa karar verilmesidir.

Çalışmamızda, rahim ağzı kanserinin teşhisi için makine öğrenmesi yöntemlerinden kNN, YSA ve DVM uygulanması sonucunda doğru sınıflandırma bakımından DVM ve YSA’nın daha başarılı olduğu görülmüştür. Zaman performansı bakımından ise kNN ve YSA yönteminin DVM’ye göre daha iyi olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışmada önerilen model sağlık karar destek sistemlerinde alternatif bir yöntem olarak kullanılabilir.

5. KAYNAKLAR

ADEM, K . (2017). Prediction of Gold Prices Using Artificial Neural Networks. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 9 (3), 83-89. DOI: 10.29137/umagd.350596

Bailey, H. H., Chuang, L. T., DuPont, N. C., Eng, C., Foxhall, L. E., Merrill, J.K., Wollins, D. S., & Blanke, C. D. (2016). American society of clinical oncology statement: human papillomavirus vaccination for cancer prevention. *J. Clin. Oncol*, 34(15), 1803–1812. doi: 10.1200/JCO.2016.67.2014.

<http://ascopubs.org/doi/pdf/10.1200/JCO.2016.67.2014>.

Ceylan, Z., & Pekel, E. (2017). Comparison of Multi-Label Classification Methods for Prediagnosis of Cervical Cancer. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 5(4), 232-236.

Chapelle, O., & Vapnik, V. (2000). Model selection for support vector machines. *Advances in neural information processing systems*, 230-236.

Cormen T., Leiserson C., & Rivest R. (1990) *Introduction to Algorithms* - MIT Press.

Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine learning*, 20(3), 273-297.

Dudani, S. A. (1976). The distance-weighted k-nearest-neighbor rule. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 6(4), 325-327. doi:10.1109/TSMC.1976.5408784.

Fatlawi H K 2017 Enhanced classification model for cervical cancer data set based on cost sensitive classifier. *Int. J. of Computer Techniques* 4(4). 115-120

Fernandes, K., Cardoso, J. S., & Fernandes, J. (2017). Transfer Learning with Partial Observability Applied to Cervical Cancer Screening. *Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis*, 10255, 243-250. doi:10.1007/978-3-319-58838-4_27.

Goodman, A. (2000). Abnormal genital tract bleeding. *Clinical Cornerstone*, 3(1), 25-35. doi: 10.1016/S1098-3597(00)90019-X.

Hacıkamiloğlu, E., Gültekin, M., Boztaş, G., Dündar, S., Utku, E. Ş., Ergün, A. K., Sevinç, A., Tütüncü, S., & Seymen, E. (2017). Cancer statistics Turkey. *Turkish Public Health Institution*. http://kanser.gov.tr/Dosya/ca_istatistik/2014-RAPOR._uzun.pdf.

Ho, S. H., Jee, S. H., Lee, J. E., & Park, J. S. (2004). Analysis on risk factors for cervical cancer using induction technique. *Expert Systems with Applications*, 27(1), 97-105. doi:10.1016/j.eswa.2003.12.005.

Kurniawati, Y. E., Permanasari, A. E., & Fauziati, S. (2016). Comparative study on data mining classification methods for cervical

cancer prediction using pap smear results. *Biomedical Engineering (IBIOMED), International Conference*, 1-5. doi:10.1109/IBIOMED.2016.7869827. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7869827>.

Lee, L. H., Wan, C. H., Rajkumar, R., & Isa, D. (2012). An enhanced Support Vector Machine classification framework by using Euclidean distance function for text document categorization. *Applied Intelligence*, 37(1), 80-99. doi:10.1007/s10489-011-0314-z. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10489-011-0314-z>.

McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The bulletin of mathematical biophysics*, 5(4), 115-133.

Murphy K. (2012) *Machine Learning: A probabilistic Perspective* - MIT Press.

Pan, J. S., Qiao, Y. L., & Sun, S. H. (2004). A fast K nearest neighbors classification algorithm. *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, 87(4), 961-963.

Sharma, S. (2016). Cervical Cancer stage prediction using Decision Tree approach of Machine Learning. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(4), 345-348. doi:10.17148/IJARCCCE.2016.5488.

Sharma, S., & Gupta, S., (2016). Decision Tree approach in Machine Learning for Prediction of Cervical Cancer Stages using WEKA. *International Journal of Recent Trends in Engineering & Research (IJRTER)*. 2(8).

Tseng, C. J., Lu, C. J., Chang, C. C., & Chen, G. D. (2014). Application of machine learning to predict the recurrence-proneness for cervical cancer. *Neural Computing and Applications*, 24(6), 1311-1316. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-013-1359-1>.

Vidya, R., & Nasira, G. M. (2016). Prediction of Cervical Cancer using Hybrid Induction Technique: A Solution for Human Hereditary Disease Patterns. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(30).

Wu, W., & Zhou, H. (2017). Data-driven Diagnosis of Cervical Cancer with Support Vector Machine-Based Approaches. *IEEE Access*, 5, 25189 – 25195. doi:10.1109/ACCESS.2017.2763984.

Yamal, J. M., Guillaud, M., Atkinson, E. N., Follen, M., MacAulay, C., Cantor, S. B., & Cox, D. D. (2015). Prediction using hierarchical data: Applications for automated detection of cervical cancer. *Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal*, 8(2), 65-74. doi:10.1002/sam.11261.

Yurtoğlu, H. (2005). Yapay sinir ağları metodolojisi ile öngörü modellenmesi: bazı makroekonomik değişkenler için Türkiye örneği. *DPT*.

SÜRDÜRÜLEBİLİR KENT ULAŞIMINDA BİSİKLET KULLANIMI: NİĞDE KENT ÖRNEĞİ

*Use of Bicycles in Sustainable Urban Transportation: Nigde City
Example*

**Gül den SANDAL ERZURUMLU
Gül bin ÇETİNKALE DEMİRKAN**

1. Giriş

Kentsel nüfusun giderek yoğunlaşması ile kentlerde plansız ve çarpık yapılaşmalar artmıştır. Gelişmiş ve gelişmekte olan kentlerin en büyük sıkıntıların birisi insanların uzak ya da yakın mesafeler için hızlı ve güvenli olması açısından motorlu taşıt kullanımının günden güne artış göstermesidir. Motorlu araçlarda doğal enerji kaynaklarımızdan yeterince yararlanamamız nedeniyle fosil yakıtların kullanımı ve dolayısıyla hava kirliliği son derece artmaktadır. Ulaşımın insanların vazgeçilmez ihtiyaçlarından olması nedeniyle motorlu araç kullanımı yaşantımızın bir parçasını oluşturmaktadır. Her türlü ihtiyaçlarımızın karşılanması açısından ulaşım etkinliklerimiz arasındadır. Etkinlik yanı sıra fonksiyon olarak sürdürülebilirlik, güvenlik, konfor, ekonomiklik ve çevreye uyum gibi farklı birçok özelliği barındıran bir olgu olarak değerlendirilir. Ancak büyük kentlerde toplu ulaşım araçlarının çok fazla tercih edilmemesi ve bireysel araç kullanımının artması çevresel olumsuzluklara, kentlerde erişilebilirlik ve ulaşılabilirlik sorunu yaratmaya başlamıştır (Çiftçi, 2006).

Kentlerde meydana gelen trafik yoğunluğuna bağlı çevre kirliliği insanların yeni arayışlara geçmesine neden olmuştur. Bu noktada insanların ulaşım sırasında bisiklet kullanımını sağlamak için bisiklet yollarına önem verilmeye başlanılmıştır.

Günümüzde bisiklet kullanımı bireyler için fiziksel ve ruhsal açıdan toplum içerisinde çevreye duyarlı, enerji korunumu ilkeleriyle bağdaşan bir ulaşım aracı olarak nitelendirilmektedir (Cengiz ve Kahvecioğlu, 2016). Dünyada birçok insan ihtiyaç duyduğu fiziksel aktiviteyi karşılayamamaktadır. İnsanları aktif ulaşım (yürümek ya da bisiklete binmek) teşvik etmek onların günlük yaşamına fiziksel aktiviteyi entegre bir çözüm niteliği taşımaktadır. Aynı zamanda yürümek ve bisiklete binmek ucuz ve erişimi kolay bir fiziksel aktivitedir (Ghekiere ve ark., 2014).

Bu çalışmanın amacı, kentin yeni yerleşim alanlarında, çocuk, genç ve yaşlıların varış noktasına ulaşım için bisiklet kullanmayı kolaylaştıran veya engelleyen çevresel faktörleri belirlemek ve öneriler geliştirmektir. Ayrıca, yapılmış olan bisiklet yolu güzergâhında eksiklikleri belirlemek ve Niğde kentinde olabilecek yeni bisiklet yolu için öneride bulunmak amaçlanmıştır.

1.1.Bisiklet Kültürü

Bisiklet yolu ile ilgili literatür gözden geçirildiğinde bisikletin halk sağlığı, ekonomi, ulaşım ve kentsel planlama disiplinleri içerisinde çalışılan bir konu olduğunu görülmektedir (Çalık, 2016, s.3). Son zamanlarda, yapılaşma, çevre, fiziksel aktivite ve obezite arasında güçlü bir ilişki bulunduğu, karma kullanımlı kentsel alanlarda artan otomobil bağımlılığının, yürüyüş ve bisiklet kullanımının azalmasına katkıda bulunduğunu düşündürmektedir. Nitekim birçok Kuzey Amerika şehrinde ulaşım, ekonomik ve çevre dostu bir alternatif olarak bisiklet kullanımının teşvik edilmesi, bisiklet altyapısı, bisiklet paylaşım programları ve büyük kampanyalarla yatırım yapılmaktadır. Yoğun nüfuslu kentsel alanlarda, aktif ulaşım araçları ve şehir içinde ulaşım yollarını kullanan ağır araçlar (kamyon, tır vb.) hava kirliliğinin artmasına ve kirliliğin yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Bisiklet kullanıcılarının ulaşım sırasında solunumlarının yüksek olması sebebiyle, trafiğin yoğun olduğu mekânlarda, kara yoluna bisiklet yolunun yakın olması durumunda insanların hava kirliliğine maruz kalmaları olumsuzluk yaratacaktır ve sağlık riskini arttıracaktır (Çalık, 2016, ss.330). Hava kirliliği ve bahsi geçen nedenlerden dolayı trafiğin yoğun olduğu alanlarda bisiklet yolu yapımı tercih edilmemelidir.

Kentleşmenin hız kazandığı günümüzde bisiklet tercih edenlere uygun koşulların hazırlanması için planlama ve tasarımlarda yaygın olarak: hız veya seyahat süresi, manevra özgürlüğü, trafik kesintileri, konfor, rahatlık ve güvenlik kriterleri kullanılmaktadır. Tüm bu faktörler bir yolun uygulama kalitesini değerlendirmek için kullanılmıştır (Francoa, vd., 2014, s.1166).

Bütün bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda, bisiklet hem halk sağlığı hem de aktif ulaşım politikasının önemli bir bileşeni olarak kabul edilmiştir (Iseki ve Tingstrom, 2014, s.166). Yürüyüş ve bisiklet gezileri ile özel otomobil yolculuğunun ve buna bağlı kentsel hava kirliliğinin azaltılması sağlanacaktır. Artan fiziksel aktivite ile sağlığımıza da katkı sağlayacaktır.

Son yıllarda artan enerji kullanımı, gürültü ve hava kirliliğinin olumsuz etkilerine bağlı olarak sürdürülebilir ulaşım sistemleri büyük önem kazanmıştır. Birçok sanayileşmiş ülkede çevreye zararı az olması nedeniyle, araba havuzu, araba paylaşımı ya da bisiklet paylaşım sistemleri gibi toplu taşıma farklı ulaşım sistemleri için yeşil araçlar kullanılmaktadır (Çalık, 2016).

Kentleşmenin yoğunlaştığı birçok il ve ilçede, yaya ve bisiklet yolu yapımı için, altyapı sisteminin her iki kullanıcıya hizmet edecek şekilde tasarlanması ve hizmet sunması gerekmektedir. Yaya ve bisiklet altyapı çalışmaları alan kullanıcıların araç bakımı ile uygulama ve bakım masraflarını azaltmak ve güvenli bir şekilde yolculuk yapmaları için

oldukça önemlidir (Garrett et all., 2011). Bazı ülkeler, özellikle bazı şehirlerde, bisiklet kullanımı ulaşımda sıklıkla tercih edilmektedir. Örneğin, Kopenhag ve Amsterdam'da bisiklet kullanımı % 30'dan fazla olmasına rağmen ulaşım nispeten korumasızdır. Bisiklet kullanımı esnasında kaza geçirmesi açısından büyük risk taşımaktadır. 2014'de 2000'den fazla kişi (Madsen ve ark., 2017), 2016'da ise, uygun yerlerde konumlandırılmamış bisiklet yolu nedeni ile 18.477 kişi can kaybı yaşamıştır (Dft, 2018).

Bir kentin bulunduğu konum bisiklet yolu planlama ve tasarım düzenini etkilemektedir. Ulaşımda bisiklet kullanımının etkisi ekolojik modele göre farklılık göstermektedir. Çevre, Dünya Sağlık Örgütü tarafından (WHO) fiziksel, doğal ve sosyal duruma göre insanların boş vakitlerini geçirdiği ya da rekreasyon faaliyet gösterdikleri alan olarak tanımlanmıştır (Ariane ve ark., 2014).

Ekonomik sınıf (sosyo-ekonomik grup) ve fiziksel çevre (nesnel durum) bisikleti anlamak için yeterli değildir. Londra'nın yoğunluk vergisi, bisikletler için bir patlama ile sonuçlanırken, Broadway New York'ta yayalar ve bisiklet yolları için radikal değiştirilebilir kesilmiş alanlar bırakılmıştır. Çevre ve yaşanabilirlik argümanlarının yanı sıra, sağlık sorunları da bisiklete artan ilginin bir başka açıklamasını içermektedir. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde, bu tür yürüyüş ve bisiklet gibi aktif ulaşım son derece yüksek obezite oranları ile mücadele de bir çözüm olarak görülmektedir (Pelzer, 2010, s.7).

Türkiye'de ise, bisiklet bir spor aracı ve bir ulaşım aracı olarak yaygın olarak kullanılmamaktadır. Daha doğrusu bisiklet kullanımı Türkiye'de oldukça az olmakla beraber şehirden şehre hatta mahalleden mahalleye bile değişiklik göstermektedir. Türkiye'de bisiklet kullanımı %5 gibi düşük bir oranla ifade edilmektedir. Niğde'de ise, imara yeni açılan bölgelere, insanların yerleşmeleri nedeniyle nüfus artışı sonucu yoğun trafik akışının olması alternatiflerin gündeme gelmesine sebep olmuştur.

2. Materyal ve Metot

Çalışma alanı olarak, Niğde Bor yolu, Gazeteci İsmet Sayın Caddesi ve Süleyman Fethi Caddesi değerlendirilmiştir. Yerleşim alanlarının Bor yolu güzergahı boyunca yayılış göstermesi ve bisiklet yolunun aynı yerde konumlandırılması bu yolun seçilmesinde etkili olmuştur. Niğde merkezle yeni yerleşim alanını bağlayan Bor yolu, tüm ulaşım ağlarına ve şehir merkezine 10 dk uzaklıkta olup Bor ve Niğde merkezini birbirine bağlamaktadır. Araştırmada, Niğde'de Atatürk Bulvarı'nda inşa edilmiş bisiklet yolu değerlendirilmeye alınmış, diğerleri uygulama aşamasında olduğundan, bu alanlar için öneriler getirilmiştir (Şekil 1).

2.1. Araştırma Alanı

Atatürk Bulvarı 37.884491 enlem ve 34.565872 boylamda yer almaktadır. GPS koordinatları 37°53'4.1676'' ve 34°33'57.1392' dir. **Yaklaşık olarak 5 km uzunluğunda iki şeritli bir bulvardır (Şekil 1). Bulvarın bulunduğu alanda nüfus 30.802' dir. (Anonim, 2018). Bisiklet yolu yapımı için yapılaşmanın yoğun olduğu alanlardan Gazeteci İsmet Sayın Caddesi ve Süleyman Fethi Caddesi bir alternatif oluşturmaktadır.**

Gazeteci İsmet Sayın Caddesi, yerleşimin yoğun olduğu ve Niğde Ömer Halisdemir Eğitim ve Araştırma Hastanesinin bulunmasından dolayı sürekli trafik akışının olduğu bir bölgedir. Yaklaşık 1 km uzunluğunda iki şeritli bir yoldur.

Süleyman Fethi Caddesi ise, birçok okulun ve yerleşimin bulunduğu yer yaklaşık 1 km uzunluğunda bir caddedir. Öğrencilerin ve tarihi alanların (türbe, cami) yoğun olduğu bu caddede, bisiklet yolu inşası Kent kimliği oluşmasında olumlu bir katkı sağlayacaktır. Bahsedilen yol, hem Niğde'nin ilk yerleşim alanını yeni imara açılan alana bağlayan yollardan birisi olması nedeniyle trafik yoğunluğu da azalmış olacaktır. Atatürk Bulvarında ise, bisiklet yolu 2016 yılından itibaren inşa edilmeye başlanmıştır.



Atatürk Bulvarı



Gazeteci İsmet Sayın Caddesi



Süleyman Fethi Caddesi



Şekil 1. Niğde İli Atatürk Bulvarı Bisiklet Yolu Yapım Aşaması

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Niğde İli'nde Atatürk bulvarının bağlı olduğu, Aşağı Kayabaşı mahallesinde, 2017 nüfus sayımına göre 30.832 kişi ikamet etmektedir. Bu nüfusun bulunduğu 4330 m'lik yolun sadece 1200 m'lik bisiklet yolu mevcuttur. Belirtilen rakamlara göre, bisiklet yolu yetersiz kalmaktadır.

Niğde iline göç oranlarındaki artış ve nüfusun yoğunlaşması sonucu artan trafik yükünü azaltmaya yönelik tedbirler geliştirmeye başlanmıştır. Alternatif bir ulaşım seçeneği olarak bisiklet kullanımı özellikle şehir içi ulaşımında yaygınlaşmaya başlamıştır. Yerel yönetimler ve kamu kurumları da bisiklet kullanımının artması amacıyla birçok yürüyüş yolu ve bisiklet yolu yapımı gerçekleştirilmiştir. 2017 yılında yapımı başlayan bisiklet yolu Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2015 yılında 29521 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan standartlara uygundur. Belirlenen yol Niğde'nin bahçelik alanlarından bahçelerin görüntüsü ile farklı bir görsel çeşitlilik sergileyen alan, son zamanlarda yapılmış olan bitkilendirme ile bitki örtüsündeki renklenme, yaprak dökme, çiçeklenme vb. durumların yarattığı farklılıklarla da etkileyici bir sınır oluşturmaktadır (Şekil 2).



Şeki 2. Atatürk Bulvarı Bisiklet Yolu

Bisiklet yolunun tasarlandığı bölgede topoğrafyada hafif bir eğim mevcuttur. Bisiklet yolunun etrafında peyzaj çalışmaları ile yaya yolları yapılmış ve oturma birimleri konumlandırılmıştır. Böylece bu rotayı kullanan bisikletli ve yayalar için trafikten arındırılmış güvenli bir alan sağlanmıştır. Yaya ve bisiklet yolunun etrafında yer alan benzin istasyonu, okullar, mağazalar, süs bitkisi ve fidan satış alanları ile Niğde'nin eski bahçelerinin bulunması yayaların sıkılmasına engel olmaktadır.

Niğde'ye yapılan bisiklet yolunun, 2015 yılında yayınlanan 29521 sayılı yönetmelik "Şehir içi Yollarda Bisiklet Yolları, Bisiklet İstasyonları ve Bisiklet Park Yerleri Tasarımına ve Yapımına Dair Yönetmelikte belirtilen kriterlere göre uyum oranı yüksektir. Yönetmelik'e göre "bisiklet yolunun yaya kaldırımının taşıt yolu tarafında tek şeritli olarak yapılması halinde, bisiklet yolu şerit genişliği

TS 9826 standardında belirtildiği şekilde en az 130 cm genişliğinde tasarlanır ve taşıt yolu tarafında 50 cm genişliğinde emniyet mesafesi bırakılır” ifadesi dikkate alındığında, 2016 yılında Niğde’de inşa edilen bisiklet yolunun genişliği 3 m, yaya yolu ise 2 m genişliğindedir. Ancak, yönetmelikte yer alan ve insanlar için daha rahat mekan oluşturma açısından değerlendirildiğinde ise, bazı eksikliklerle karşı karşıya kalınmaktadır. Örneğin; Her bisiklet yolunun güzergâhına bir ad veya kod verilmesi, bisiklet yolu ağları üzerinde kent bütünündeki ulaşım sistemleri ile uyumu, güvenliği sağlayacak trafik işaret ile sinyalizasyon sistemlerinin oluşturulması, bisiklet yolu ağları üzerinde bisiklet kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılayacak sayıda yeterli park istasyonları ve park yerlerinin yapılması gerekmektedir. Işıklarda bekleme yapan bisikletlilerin hızlı hareket etmeleri ve destek alabilmeleri amacıyla, 2 m uzunluğunda 1.80 cm yüksekliğinde bekleme ünitesi (paslanmaz malzemeden imal edilen) yapılması klavuzda belirtilmekte olup, diğer aşamalarda Niğde kentinde de uygulanması kullanıcılar için daha ergonomik olacaktır.

Bunun yanı sıra Üniversite güzergahında yolun planlanmış olması yolun bu güzergahta kesintisiz devam etmesinin kullanıcı potansiyelini arttıracığı düşünülmektedir. , bisiklete teşvik için iyi bir yöntem olarak düşünülebilir fakat bisiklet yolu uzunluğu sadece 1200 m olduğu için yol Üniversite sınırlarına kadar uzanmamaktadır. Bisiklet kullanıcıları için sıkıntı oluşturmaktadır.

Bisiklet yolu yapımı için öneri olarak sunulan, Gazeteci İsmet Sayın ve Süleyman Fethi Caddeleri de Aşağı Kayabaşı mahallesinde yer almaktadır. Belirtilen caddelere bisiklet yolu yapılması durumunda daha çok insana bisiklet kullanımı için mekân oluşturulacağı gibi, okul, çoğu kurum ve kuruluşların bu güzergâhta olmasından dolayı otomobil kullanımı azaltılabilecektir.

Niğde kenti için ilgi çeken ve istenilen kentlerden olmak için öngörülen bisiklet yollarının devamlılığını sağlamak ve eksikliklerinin giderilerek nezih ortamlar oluşturulması gelişen ve değişen kentlerde yaşam kalitesinin artmasına olanak sağlayacaktır.

4. Sonuç

Kent içi ulaşımında insanların sağlığını düşünerek rahat ve huzurlu ulaşım için, araç çeşitliliğinin artırılması temel amaç olup, farklı amaçlı kentsel hareketler için farklı araç türleri gerekmektedir. Bunlardan birisi bisiklet olup, gerek bireysel, gerekse toplumsal yararlar sağlayan ve günlük yaşama zenginlik katan özellikleri nedeniyle, kullanımının desteklenmesi uygun olan bir araçtır.

Çevreye zararı olmayan, insanların sağlıklı ve hoş vakit geçirebilmeleri, boş vakitlerini değerlendirmelerinde bir araç olan bisiklet kullanımı, sağlıklı çevre ve daha az enerji tüketimi sağlamaktadır.

Bisiklet kullanımı sayesinde, her bireyin, maliyeti düşük ve kendine ait bir ulaşım aracına sahip olması olanaklı hale gelecek, hareketliliği arttıracak olan bu koşullar diğer ulaşım araçları üzerindeki baskıyı da azaltacaktır.

Her yaş için ideal bir araç olan bisiklet kullanımının, insana kentte yaşarken çevreye en az zarar verici durumda olmak ve kendi yaşamı daha canlı, hareketli ve sağlıklı durumda tutmak temel amacına ulaşma olanağı vermesi nedeniyle, ülkemiz kentlerinde de özendirilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

Diğer yandan, bisikletin gerektiğinde hızlanabilen bir araç olması itibarıyla, kent topoğrafyası ve iklimin el verdiği ölçüde, yaya yollarından ayrı bisiklet izlerinin yapılması da kazaların önlenmesi açısından uygun olacaktır.

Niğde kenti bisiklet yolu kapsamında hazırlanmış olan bu çalışma, planlama ve tasarım çalışmalarında disiplinlerarası arası desteklerle uygulamaya alınması sayesinde sürdürülebilir sonuçlar elde edilmesi sağlanacaktır.

KAYNAKÇA

Anonim, (2018). <http://www.nufusune.com/60608-nigde-merkez-asagikayabasi-mahallesi-nufusu-alindiği-tarih.05.06.2018>

Ariane, G., Cauwenberg, J.V., Geus, B., Clarys, P., Cardon, G., Salmon, J., Bourdeaudhuij, I., Deforche, B. (2014). Critical Environmental Factors for Transportation Cycling in Children: A Qualitative Study Using Bike-Along Interviews. September 2014 | Volume 9 | Issue 9 | e106696

Bayramoğlu, E., Kurdoğlu, B.Ç. (2017). Bisiklet Yolu İçin Sürdürülebilir Donatı Tasarımı Süreci: Ktü Kampüsü Örneği. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 6, Sayı: 65, Şubat 2018, s. 152-163

Çalık, M. (2016). Kent Dokusuna Uygun Alternatif Çevresel Ulaşımında Bisiklet Kullanımının Sosyal Fayda Maliyet Analizi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi / Dumlupınar University Journal of Social Sciences Afro-Avrasya Özel Sayısı-Aralık 2016 / Special number of Afro-Eurasia-December 2016. P.329-346

Cengiz, T.; Kahvecioğlu, C. (2016), Sürdürülebilir Kent Ulaşımında Bisiklet Kullanımının Çanakkale Kent Merkezi Örneğinde İncelenmesi. JOTAF / Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (2), 55-66

Çiftçi, Ö. (2006), Metropolitan Alanda Bisiklet Yolu Planlaması. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

DfT (2018). Reported casualties by road user type, age and severity, Great Britain, 2016' Date Accessd: 05/06/2018.

Ghekiere, A., Cauwenberg, J.J., Geus, B., Clarys, P., Cardon, G., Salmon, J., Bourdeaudhuij, I.D., Deforche, B. (2014). Critical Environmental Factors for Transportation Cycling in Children: A Qualitative Study Using Bike-Along Interviews. *Plos One*. Vol.9 (9). P. 1-10.

Pelzer, P. (2010). "Bicycling as a Way of Life. A comparative case study of Bicycle Culture in Portland and Amsterdam", University of Amsterdam Research Master in Metropolitan Studies Master Thesis,

Zhang, L., Zhang, J., Duan, Z., Bryde, D. (2015). "Sustainable bike-sharing systems: characteristics and commonalities across cases in urban China", *Journal of Cleaner Production* Issue 97, ss. 124-133

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE İSTİHDAM EDİLEN KADIN ÇALIŞANLARIN SORUNLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

*A Research on The Problems of Women Employees Worked in
Construction Sector*

Savaş BAYRAM*, Serkan AYDINLI**, Gözde ÇELİK*** & Emel
ORAL***

Öz

Günümüzde inşaat sektörü, ne yazık ki kadın çalışanlar için pek tercih edilmeyen bir sektör konumundadır. Kadın istihdamının sadece %1'lik kısmının inşaat sektöründe gerçekleşiyor olması, kadın çalışanların sektör içinde bir problem yaşayıp yaşamadıklarının sorgulanmasını gerekli kılmıştır. Bu amaçla, inşaat sektöründe teknik eleman olarak faaliyet gösteren 30 kadın çalışana anket çalışması uygulanmış ve anketin yüzde frekans sonuçları yorumlanmıştır. Anket sonucunda kadın çalışanların sektör içinde yaşadığı en büyük problemin “cinsiyetçi yaklaşımlar” olduğu belirlenmiştir. Çalışanların çevrelerinden veya ailelerinden yaptıkları iş veya çalıştıkları çevre ile alakalı herhangi bir baskı görmedikleri, fakat çalışma ortamlarında cinsiyetlerinin kendileri için dezavantaj yarattığı belirlenmiştir. Çalışma, inşaat sektöründe kadın çalışanların problemlerine yönelik bir pilot çalışma niteliğinde olup, daha detaylı çalışmalar için yönlendirici niteliğe sahiptir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat sektörü, cinsiyet, kadın çalışanlar, ayrımcılık.

Abstract

Today, the construction industry is unfortunately an undesirable sector for female employees. The fact that only 1% of women's employment takes place in the construction sector necessitates the questioning of whether women workers have experienced a problem in the sector. For this purpose, questionnaire was implemented to 30 female employee who are technical staff in the construction sector and the frequency percentages of the questionnaire were interpreted. As a result of the survey, it was determined that the biggest problem that women employees experienced in the sector was "sexist approaches". Employees do not feel any pressure associated to work by their family environment, but in working environment, their gender status is a disadvantage for them. This paper is a pilot study on the problems of women workers in the construction sector and is a guide for more detailed studies.

* Erciyes Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Öğretim Üyesi

** Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Öğretim Elemanı

*** Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Öğretim Üyesi

Keywords: Construction industry, gender, women employees, discrimination.

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü ağırlıklı olarak erkeklerin çalıştığı ve kadınların azınlıkta kaldığı bir sektör olarak dikkat çekmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2015 yılında istihdam edilen kadınların sadece %1'i inşaat sektöründe istihdam edilmiştir (ILO, 2016). Kadınların inşaat sektörüne katılımlarını gösteren bir diğer veri ise 2016 TÜİK istatistiklerinde karşımıza çıkmaktadır. TÜİK'e göre 2016 yılında inşaat sektöründe toplam 493.000 istihdam gerçekleşirken bunun sadece 24.000'inin (%0,48) kadın teknik elemanlar olduğu görülmektedir (TÜİK, 2016). Sektör ağır çalışma koşullarına sahip olup; ailelerin ve öğretmenlerin inşaat sektörünü duvar örümü, beton dökümü gibi ağır işlerden ibaret görmesi inşaat mühendisliğinin meslek seçim safhasında kadınlar tarafından pek tercih edilmemesine sebep olmaktadır (Fielden et al, 2000).

Literatürde inşaat sektöründe kadın istihdamının düşük olması çeşitli sebeplere bağlanmaktadır. Bu sebeplerden en önemlisi cinsiyet ayrımcılığı olarak karşımıza çıkmaktadır. Sektörde kadın çalışanlar erkekler tarafından daha bilgisiz ve yeteneksiz görülmekte, bu yüzden erkekler tarafından sürekli bilgi düzeyleri sorgulanmaktadır. Aynı eğitimi almış karşı cins için ise böyle bir tutum söz konusu olmamaktadır (Fielden et al, 2000). Worrall (2012)'in İngiltere'de yürüttüğü bir çalışmada ise cinsiyet ayrımcılığının daha çok tecrübesiz, genç kadınlar üzerinde yapıldığı, tecrübeli çalışanlar için bu tür ayrımların yapılmadığı vurgulanmıştır.

İnşaat sektörü çoğu zaman çalışanlarından esnek çalışma şartlarına uyum beklemektedir. Seyahat etme ve fazla mesailer özellikle şantiye işlerinde sık sık yaşanmaktadır. Kadınlar, hamilelik dönemleri ve ailevi sorumluluklardan dolayı bu tür çalışma koşullarına uyum sağlayamayıp büro işlerine veya kamu sektörüne geçiş yapmak durumunda kalabilmektedirler (Arslan ve Kıvrak, 2004).

Ayrıca kadınların kas yapılarının erkeklere oranla daha güçsüz olması da sektör tarafından kadınlara önyargıyla bakılmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden sektörde kadın çalışanlar daha çok ofis ortamlarında çalışan olarak tercih edilmektedirler (Aulin ve Jingmond, 2011). İnşaat sektöründe kadın istihdamının düşük olması yalnızca toplumsal bakış ve işveren tercihiyle de şekillenmemektedir (Perçin ve Akboğa, 2010). Tüm engellere rağmen, son yıllarda inşaat fakültelerindeki kız öğrenci sayısında bir artış görülmektedir (Atabay vd., 2014). Bunun sonucu olarak da inşaat sektöründe kadın istihdamında yıldan yıla artış meydana

gelmektedir. Baruah (2010), yaptığı çalışmada 2003 ile 2007 yılları arasında Hindistan inşaat sektöründeki kadın istihdamını izlemiş ve kadınların eğitim düzeyindeki artışın inşaat sektörüne de yansıdığını saptamıştır. Türkiye’de ise Perçin ve Akboğa (2010); şantiyede kadın çalışanlar için düzenlenmiş mevzuatın taramasını yapmış olup; yurt dışındaki uygulamalar ile kıyaslama yapılarak Türkiye için eksiklikler ve/veya yanlışlar tespit edilmiştir. Diğer bir çalışmada Atabay vd. (2014); kadın inşaat mühendislerinin sektördeki yerini ve yaşadıkları sorunları irdelemek amacıyla, kadın ve erkek inşaat mühendislerine ayrı ayrı anketler uygulayarak gerek kadınların kendi mesleklerine, gerekse erkeklerin kadın inşaat mühendislerine bakış açılarını ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada ise Türk inşaat sektöründe kadın istihdamının artırılmasının önündeki engeller belirlenmeye çalışılmıştır. Geliştirilecek önerilerle birlikte sektörde kadınların iş hayatına daha fazla katılım göstermeleri hedeflenmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmanın materyalini Türk inşaat sektöründe faaliyet gösteren kadın çalışanlar oluşturmaktadır. Çalışanlardan anket yoluyla veri toplanmıştır. Anket kapsamında demografik özellik olarak çalışanların mesleki tecrübesi ve çalıştıkları pozisyon sorulmuştur. Anketin ikinci kısmında kadınların sektörde yaşadıkları problemler sorgulanmıştır. Sorular ‘5’li Likert’ ölçeğiyle ölçüklendirilmiştir.

3. BULGULAR

Literatür bulguları, inşaat sektörünün erkek egemen bir sektör olmasının kadınlar açısından hem sektöre giriş aşamasında, hem de iş başlama aşamasında bir takım problemlere sebep olabildiğini göstermektedir. Çalışmanın bu bölümünde kadınların sektörde karşılaştığı problemler saptanmıştır. Çalışmanın örneklemini oluşturan kadın çalışanların pozisyonları ve sektördeki tecrübeleri Tablo 1 ve 2’de verildiği gibidir.

Tablo 1. Katılımcıların çalıştığı pozisyonlar

| Pozisyon | N (Frekans) | N (%) |
|------------------------------|----------------|--------------------|
| Şantiye Şefi | 8 | 26,6 7 |
| Tasarım (Mimari – Statik) | 8 | 26,6 7 |
| Yapı Denetim | 5 | 16,6 6 |
| Yönetim ve diğer pozisyonlar | 9 | 30,0 0 |
| TOPLAM | 30 | 100, 00 |

Tablo 2. Katılımcıların mesleki tecrübeleri

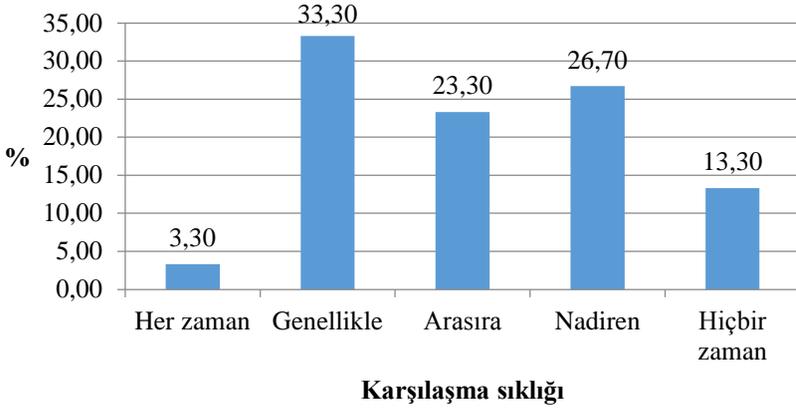
| Yıl | N (Frekans) | N (%) |
|--------------------|----------------|--------------------|
| 0-2 | 14 | 46,6 7 |
| 3-5 | 11 | 36,6 7 |
| 5-10 | 5 | 16,6 6 |
| TOPLA M | 30 | 100, 00 |

Tablo 1’de görüldüğü üzere, çalışma gerek sahada gerekse büroda görev yapan çalışanları kapsamaktadır. Dolayısıyla çalışmanın örnekleme sektöründe faaliyet gösteren kadınları kapsamakta, örneklem 30 kişiden oluşmaktadır. Tecrübe açısından bakıldığında ise örneklemin daha çok genç çalışanlardan oluştuğu görülmektedir. Bu durumun, kadın çalışanların özellikle henüz tecrübe yönünden eksik oldukları mesleklerinin ilk yıllarında yaşadığı problemlerin tespit edilebilmesi açısından olumlu bir gösterge olduğu düşünülmektedir.

3.1. Çalışma Ortamında Karşılaşılan Problemler

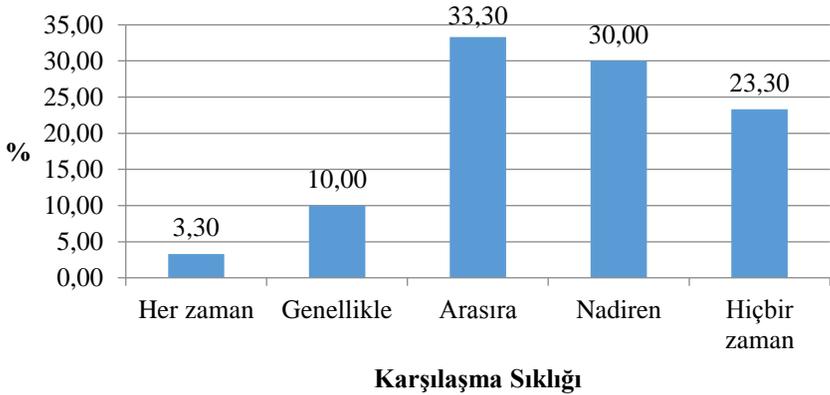
Çalışmanın bu bölümünde katılımcılara çalıştıkları ortamda karşılaştıkları problemler sorulmuştur. Bu bağlamda öncelikle çalışma ortamında kendilerini rahatsız eden durumların oluşma sıklığı sorulmuştur (Grafik 1).

Grafik 1. Çalışma ortamında rahatsızlık hissetme sıklığı



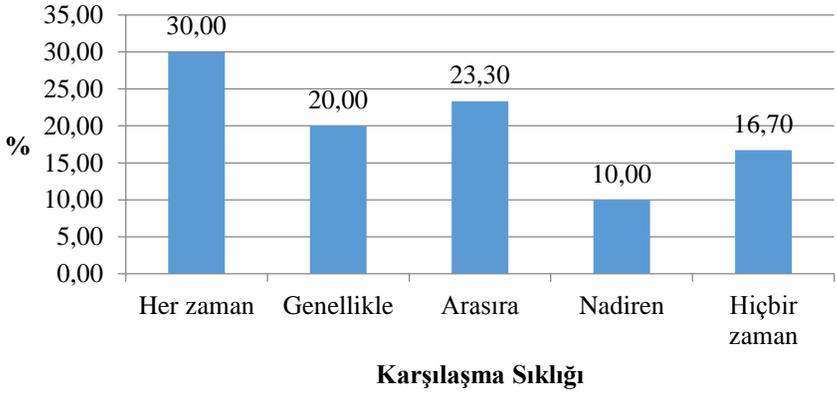
Grafikte görüldüğü üzere, çalışanların %60'ı çalışma ortamlarında kendilerini rahatsız eden durumlarla zaman zaman karşılaştıklarını belirtmişlerdir. Karşılaşılan problemler; aile baskısı, iş arkadaşlarının davranışları, kadınlara karşı önyargı, çalıştıkları pozisyon gibi farklı sebeplerden kaynaklanabilmektedir. Katılımcıların rahatsız oldukları durumları tespit edebilmek amacıyla detaylı sorular sorulmuş ve sorunların kaynağına inilmeye çalışılmıştır. Çalışanlara karşı cinsin tutumundan kaynaklı problem yaşayıp yaşamadıkları sorulduğunda katılımcıların %46,6'sı zaman zaman erkeklerin cinsiyetçi davranışlarına maruz kaldığını belirtmektedir (Grafik 2). Fakat sürekli bu tür davranışlara maruz kalanların %13,3'lük bir kesim olduğu düşünüldüğünde bu durumun sektörde sürekliliği olan bir problem olmadığı görülmektedir.

Grafik 2. Çalışma ortamında erkeklerin rahatsız edici davranışlarının oluşma sıklığı



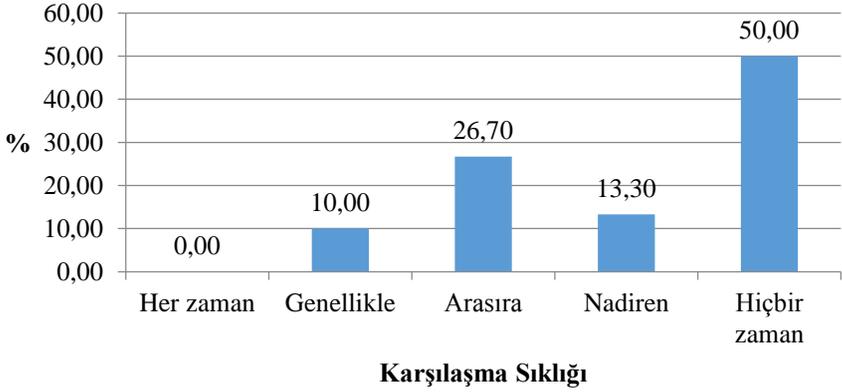
Literatüre göre kadınların inşaat sektöründe karşılaştığı bir diğer problem ise cinsiyet ayrımcılığıdır. Bu ayrımcılık verilen görevlerde, ücretlerde ve terfilerde ortaya çıkabilmektedir. Katılımcılara çalıştıkları şirketlerde cinsiyet ayrımcılığı yapıp yapılmadığı sorulduğunda %73,3'ünün çalıştığı ortamda cinsiyet ayrımcılığı yapıldığına inandığı görülmektedir (Grafik 3.).

Grafik 3. Çalışma ortamında cinsiyet ayrımcılığı oluşma sıklığı

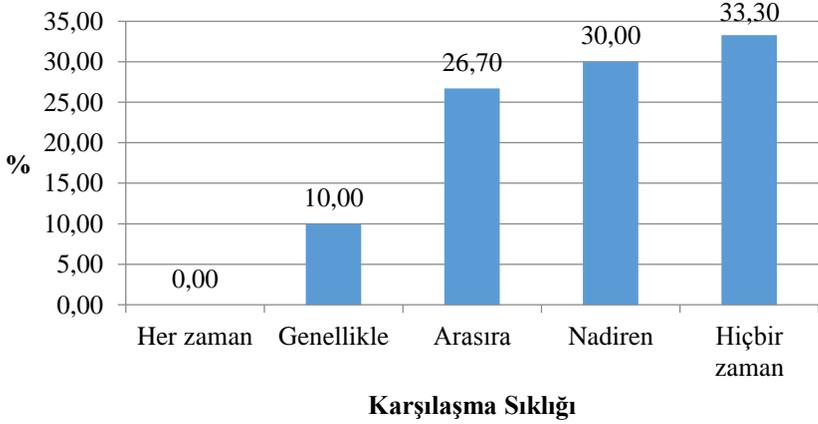


Grafikte görüldüğü üzere, örneklemin büyük çoğunluğu sektörde cinsiyet ayrımcılığı yapıldığına inanmaktadır. Bu durum, sorunun alt sebeplerinin sorgulanmasının gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda katılımcılara çalışma esnasında cinsiyet ayrımcılığından doğan problemlerin karşılaşıma sıklığı sorulmuştur. Cinsiyet ayrımcılığı gerek görev verilirken, gerekse görevin ifasında karşılaşılabilen bir problemdir. Bu bağlamda çalışanlara şirket içinde görev tanımları dışında işlerin kendilerinden talep edilip edilmediği ve erkek aslarının cinsiyetçi bir tutumla emirlerine karşı direnç gösterip göstermediği sorulmuştur. Sonuçlar irdelendiğinde kadınların görevleri esnasında cinsiyet farklılığından kaynaklanan bir problemle çok fazla karşılaşmadığı görülmektedir (Grafik 4 ve 5). Bu durum cinsiyet ayrımcılığının yansımalarının daha detaylı bir anket çalışmasıyla belirlenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Grafik 4. Kadın çalışanlara meslekleriyle alakasız işlerin verilme sıklığı

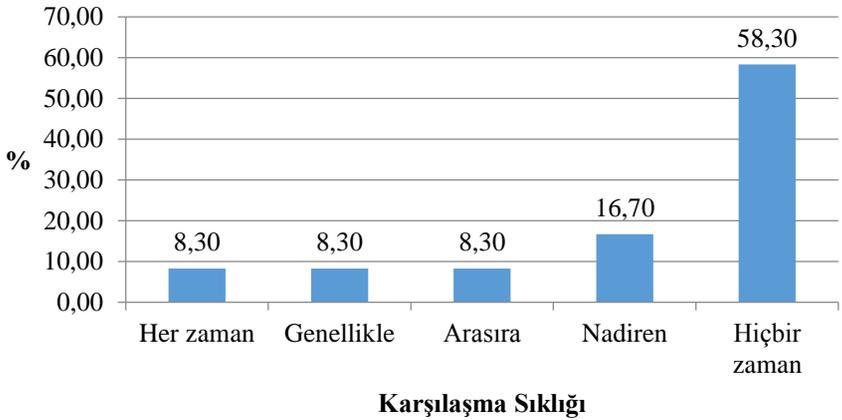


Grafik 5. Cinsiyetten ötürü astların emirlere uymama sıklığı



3.2. Aile Fertleri ile Yaşanan Problemler

Ülkemizde sosyal konumu gereği toplumun kadına yüklediği çocuk bakımı, ev işleri gibi bir takım ailevi görevler vardır. Bu durum inşaat sektörünün esnek çalışma koşullarıyla çoğu zaman çelişmektedir. Esnek çalışma saatleri ve seyahat zorunlulukları özellikle kadın çalışanların aile içinde kendilerinden beklenen görevleri yerine getirmesine engel olabilmekte, bu durum fertler arasında gerilim yaşanmasına sebep olabilmektedir. Ayrıca sektörde erkeklerin çoğunluğu oluşturması eşlerin şüphayle yaklaşmasına sebep olabilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde inşaat sektörünün çalışma koşullarının kadın çalışanların aileleriyle aralarında bir probleme sebep olup olmadığı sorgulanmıştır. Grafik 6'da görüldüğü üzere, kadın çalışanların eşlerinin çok az bir bölümünün (%16,6) bu konuda problem çıkardığı görülmektedir. Katılımcıların büyük bir bölümünün çalıştıkları sektörden dolayı aile fertleriyle bir problem yaşamadığı görülmektedir.

Grafik 6. Aile fertleriyle problem yaşama sıklığı

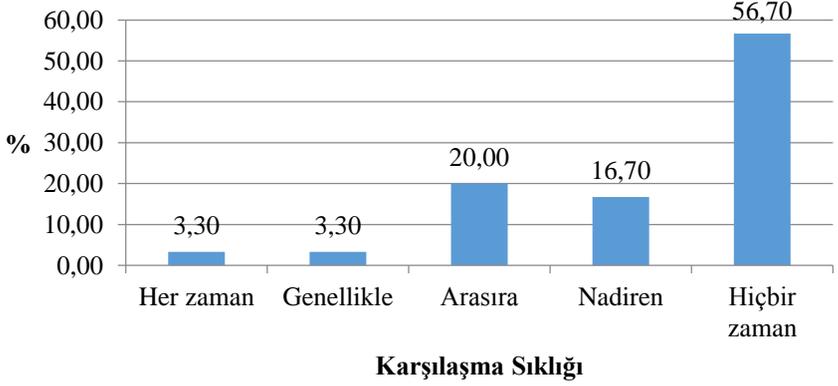
Bu durum, aile fertlerinin kadın çalışanların çalışma şartlarına ve işine saygı duyduğunun bir göstergesi olarak görülmektedir. Eşler, çalışma ortamı nasıl olursa olsun kadının çalışma hayatını desteklemektedir.

3.3. İşten ve Meslekten Ayrılma Eğilimi

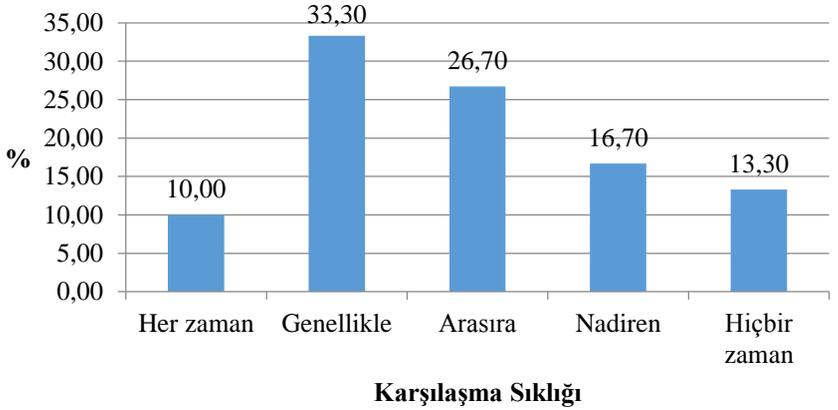
Görüldüğü üzere, inşaat sektörünün erkek egemen bir sektör olması kadınların psikolojisini olumsuz etkileyen durumlar doğurabilmektedir. Bu durumlar çalışan psikolojisi üzerinde kötü etkiler bırakabilmekte, işten ayrılma ve hatta mesleği bırakma eğilimlerine yol açabilmektedir.

Çalışma kapsamında inşaat sektöründe faaliyet gösteren kadın çalışanların yaşadıkları problemlerden ötürü işten ayrılma ve mesleği bırakma eğilimine girip girmedikleri sorulmuştur. Sonuçlar irdelendiğinde kadınların meslekten ayrılma gibi bir eğilimde olmadığı, fakat şantiye ortamından büro ortamına geçiş eğiliminin yaşandığı görülmektedir (Grafik 7 ve 8).

Grafik 7. Meslekten ayrılma eğiliminin yaşanma sıklığı



Grafik 8. Büroda çalışma tercihinin yaşanma sıklığı



Çalışanların %6,6'sı meslekten ayrılma eğilimindeyken, %70 gibi bir çoğunluk büroda çalışmanın kendileri için daha iyi olduğunu düşünmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma Türk inşaat sektöründe kadın çalışanların problemlerini saptamak amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda kadın çalışanları rahatsız eden davranışların zaman zaman yaşandığı ve bu rahatsızlığın temel sebebinin cinsiyet ayrımcılığına dayandığı saptanmıştır. Cinsiyet ayrımcılığının hangi durumlarda yapıldığı anket çalışmasında tam olarak tespit edilememiştir ve bu durumun tespiti için daha detaylı hazırlanmış bir anket çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Kadınların çalıştıkları sektörle alakalı olarak aile fertlerinden herhangi bir tepki almadığı, ailenin kadının çalışma hayatına saygı gösterdiği görülmüştür. Son olarak

işten ve meslekten ayrılma eğilimlerinin çok fazla yaşanmadığı, sadece şantiyede çalışan kadınların büroyu şantiyeye tercih ettikleri görülmüştür.

Kadınların sektörel sorunlarının detaylı tespiti için daha detaylı bir anket çalışmasına ihtiyaç duyulduğu aşikârdır. Sektörde yapılan cinsiyet ayrımcılığının kapsamının belirlenmesi için daha detay sorulara ihtiyaç duyulmaktadır.

5. KAYNAKLAR

Arslan, G., &Kivrak, S. (2004). The lower employment of women in Turkish construction sector. *Building and Environment*, 39(11), 1379-1387.

Atabay, Ş., Karahan, P. G., ve Bakioğlu, G. (2014). Kadın İnşaat Mühendislerinin İnşaat Sektöründeki Yeri. 3. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, Antalya, 6 – 8 Kasım, 26-26.

Aulin, R.,&Jingmond, M. (2011). Issues confronting women participation in the construction industry. *Advances in Engineering and Technology-Contribution of Scientific Research in Development*, 312-318.

Baruah, B. (2010). Gender and globalization: opportunities and constraints faced by women in the construction industry in India. *Labor Studies Journal*, 35(2), 198-221.

Fielden, S. L., Davidson, M. J., Gale, A. W., & Davey, C. L. (2000). Women in construction: the untapped resource. *Construction Management & Economics*, 18(1), 113-121.

ILO (2016) “Kadın İstihdamı Eylem Planı” (30.01.2018 tarihinde ulaşıldı) Link: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---ilo-ankara/documents/publication/wcms_484715.pdf

Perçin, S. Ş.,ve Akboğa, Ö. (2010). Şantiyede “Kadın” Çalışanların Çalışma Koşulları. 1. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, Ankara, 29 Eylül – 01 Ekim, 138-138.

TÜİK (2016) “TÜİK 2016 İstihdam İstatistikleri Raporu” (30.01.2018 tarihinde ulaşıldı) Link: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=72&locale=tr>

Worrall, L. (2012). Organizational cultures: Obstacles to women in the UK construction industry. *Journal of psychological issues in organizational culture*, 2(4), 6-21.

BİYO KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

*An Investigation of Mechanical Properties of Bio Composite
Materials*

Muhammet Çağrı AYAN*, **Ahmet YAPICI****

Özet: Artan çevre bilinciyle birlikte, son yıllarda çevreyi daha az kirleten, daha az kalıcı etki bırakan ürünler ve üretim yöntemlerine ilgi de artmıştır. Doğal polimerler, geri dönüşümlü poşetler, karbon salınımını daha aza indiren elektrikli arabalar bunlardan bir kaçıdır. Geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik gibi kavramların ön plana çıktığı günümüzde doğal liflerin kompozit malzemelerde kullanımı hızla artmaktadır. Takviye materyali olarak kullanılan doğal liflerin biyolojik olarak parçalanabilirlik ve geri dönüştürülebilirlik özellikleri, düşük yoğunluk, yüksek özgül mukavemet değerlerinin yanı sıra bitkisel kökenli doğal kaynakların yenilenebilir olması nedeniyle ekolojik materyaller gelişim göstermektedir. Bu çalışmada, doğal lif takviyeli kompozit malzeme üretiminde en sık kullanılan yöntem olan vakum infüzyon yöntemi ile biyo kompozit malzeme üretimi ve bu malzemelerin cam elyaf, karbon elyaf takviyeli kompozitlere kıyasla mekanik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Aynı ağırlığa sahip cam elyaf takviyeli, karbon elyaf takviyeli, yarı mamul biyo kompozit ve kumaş halinde nihai ürün olan biyo kompozit malzemelerden olmak üzere 4 tip kompozit malzeme üretimi vakum infüzyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen plakalar standartlara uygun bir şekilde kesilerek mekanik testler için numuneler hazır hale getirilmiştir. Yapılan deneylerin sonuçlarında piyasada sıkça kullanılan cam elyaf ve karbon elyaf takviyeli kompozitler karşısında biyo kompozitlerin özellikleri kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kompozit, Biyo Kompozit, Cam Elyaf, Karbon Elyaf, Vakum İnfüzyon

Abstract: With an increasing environmental awareness, interest in products and production methods that have less polluting and less persistent environmental impact has also increased in recent years. Natural polymers, recycled pouches, electric cars, which reduced carbon emissions, are some of these. The use of natural fibers in composite materials is increasing rapidly, as concepts such as recycling and sustainability are at the forefront. Ecological materials have been developed because of the biodegradability and recyclability properties of natural fibers used as reinforcing material, low density, high specific strength values as well as the renewable nature of vegetable origin natural resources. In this study, it is aimed to investigate the mechanical properties of bio composite materials produced by vacuum infusion method which is the most commonly used method in the production of natural fiber reinforced composite materials and the comparison of these materials with glass fibers and carbon fiber reinforced composites. Four types of composite materials were produced by vacuum infusion method, from glass fiber reinforced, carbon fiber reinforced, semi-finished bio composite with the same weight and bio composite material, which is final product in fabric. Plates obtained were cut in accordance with standards and samples were prepared for mechanical tests. The results of the experiments have compared the properties of bio composites against glass fiber and carbon fiber reinforced composites frequently used in the market.

Keywords: Composite, Bio Composite, Glass Fiber, Carbon Fiber, Vacuum infusion

4. GİRİŞ

Kompozit malzemeler, sağladıkları avantajlar ve çeşitlilikleri dolayısı ile bugün birçok mühendislik uygulamasında önemli bir yer tutmaktadır. Uygulama alanlarında istenilen bazı fiziksel ve/veya kimyasal özellikleri tek başına karşılayamayan polimerlerin çeşitli tipte ve oranlarda doğal lifleri ile desteklenmesi sonucunda istenilen özellikleri sağlayabilen kompozit yapıların elde edilmesi, son zamanlarda yaygın olarak uygulanan bir yöntemdir.

Kompozitlerde doğal liflerinin takviye elemanı olarak tercih edilmesinin en önemli nedeni, kompozite yüksek mukavemet ve yüksek modül değerleri kazandırmaktır. Kompozit yapılarda; hafiflik, mukavemet ve modül, yorulma mukavemeti, elektrik ve ısı iletkenliği ve ekonomiklik gibi nedenler takviye materyalinin seçiminde rol oynamaktadır. Lifler arasında gerilim transferi sağlamak, lifleri korozyon, oksidasyon, ortamın etkisi ve darbelerden korumak ise matris

malzemenin secim kriterlerini oluşturmaktadır. Kompozit malzemelerin avantajı, bileşenlerinin en iyi özelliklerini bir araya getirmesidir.

Kompozit malzemeler otomotiv, elektronik, havacılık, spor malzemesi ve inşaat gibi birçok farklı alanda kullanım olanağı bulmaktadır. Kompozit malzeme üretiminde sağladıkları yüksek mukavemet ve modül nedeni ile takviye malzemesi olarak çoğunlukla cam, karbon gibi inorganik lifler veya aramid ve HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) gibi yüksek performanslı sentetik lifler tercih edilmektedir. Bununla birlikte hem çevresel bilincin hem de yasal düzenlemelerin artması ile cam, karbon veya aramid takviyeli epoksi, polyester, poliüretan ya da fenolik esaslı kompozitlerin üretimine ve kullanımına ait sorunlar gündeme gelmektedir. Takviye ve matris elemanlarının birbirlerine çok kuvvetli şekilde bağlanması nedeni ile bileşenlerin birbirinden ayrılmasında ve geri dönüştürülmesinde karşılaşılan zorluklar, kompozitlerin en büyük olumsuz özellikleri arasında yer almaktadır [1]. Hem bu sorunların azaltılması hem de materyallerin çevreye uyarlanmasına dair artan talep nedeniyle polimer maddelerin özellikle keten, kenevir, pamuk, jut, rami ve sisal gibi doğal lifler ile desteklenerek “doğal lif takviyeli kompozitler”in üretimleri ve kullanımları günümüzde dikkat çekici bir noktaya gelmiştir. Bu yüzden son yıllarda doğal lif takviyeli kompozit malzemenin üretim yöntemleri ve kompozit malzemenin nihai özellikleri [2-4], bileşenlerin kompozit malzeme içerisindeki davranışları [5] ile farklı tipte ve oranlarda doğal lif kullanımının kompozit malzeme özelliklerine etkisi [6,7] üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır.

Bu çalışmada, aynı ağırlığa sahip cam elyaf takviyeli, karbon elyaf takviyeli, yarı mamul pamuk elyaf takviyeli ve %100 pamuk kumaş elyaf takviyeli kompozit malzemelerden oluşmak üzere 4 tip kompozit malzeme üretimi vakum infüzyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu malzemelerden ASTM standartına göre çekme testi numuneleri hazırlanmıştır. Numuneler kendi içlerinde sınıflandırılarak çekme testlerine tabi tutulmuş ve birbirlerine göre sonuçları kıyaslanmıştır.

5. MALZEME VE YÖNTEM

5.1. Malzeme

Cam Elyaf

Cam elyafı silika (SiO_2), kolemanit, alüminyum oksit (Al_2O_3), soda (NaHCO_3) gibi malzemelerden üretilir. Bu hammaddeler cam fırınlarında yüksek sıcaklıkta harman edilerek basınç altında mikron seviyesinde ki küçük deliklerden akıtılarak cam elyafı üretimi yapılır. Cam elyafı, elyaf takviyeli polimerik kompozit (CTP) üretiminde en çok kullanılan elyaf çeşididir. Isıl dirençleri oldukça düşük, kimyasal malzemelere karşı oldukça dirençlidir. Nem absorbe etme özelliği ve elektrik iletkenliği yoktur [8].

Karbon Elyaf

Karbon, yoğunluğu 2.268 g/cm³ olan kristal yapıda bir malzemedir. Karbon elyaflar cam elyaflardan daha sonra gelişen ve çok yaygın olarak kullanılan bir elyaf grubudur. Karbon ve grafit elyaflar organik maddelerden üretildikleri için organik fiber olarak da adlandırılırlar. Ham madde olarak PAN, Selüloz (Rayon) ve Zift (Pitch) olarak kullanılır. Karbon elyafların en önemli özellikleri düşük yoğunluğunun yanında yüksek mukavemet ve tokluk değerleridir. Karbon elyaflar, nemden etkilenmezler ve sürünme mukavemetleri çok yüksektir. Aşınma ve yorulma mukavemetleri oldukça iyidir [9].

Pamuk

Yapısında %82-96 oranında selüloz, %5-7 oranında pektin, %2-6 oranında hemiselüloz ve %0,5-1 oranında lignin bulunan doğal bir malzemedir. Pamuk malzemesi kopma mukavemeti 287-800 MPa, kopma uzaması %7-8 gibi özellikler gösterir [10-11].

Epoksi Reçine ve Sertleştirici

Bu çalışmada kompozit malzeme üretimi için kullanılan epoksi reçine MGS L160 ve sertleştiricisi MGS H160 modelleridir. 160 serisi reçineler planör, motorlu uçak, bot, gemi, kalıp ve genel uygulamalarda kullanılır. Özellikleri; malzemeye üst düzey uyumluluk, çok iyi mekanik ve ısı özellikler katmasıdır. Reçine ve sertleştiricinin ağırlıkça karışım oranı 100:25 dir [12].



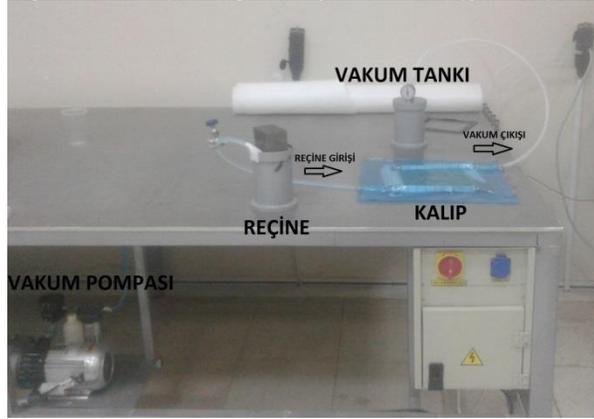
Şekil 1. a) Cam elyaf, b) Karbon elyaf, c) Pamuk kumaş türleri

5.2. Yöntem

Bu bölüm, aynı ağırlığa sahip cam elyaf takviyeli, karbon elyaf takviyeli, yarı mamul pamuk elyaf takviyeli ve %100 pamuk kumaş elyaf takviyeli kompozit malzemelerden oluşmak üzere 4 tip kompozit malzeme üretimi vakum infüzyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir ve bu malzemelerden deney numuneleri oluşturarak uygulanan mekanik testleri içermektedir.

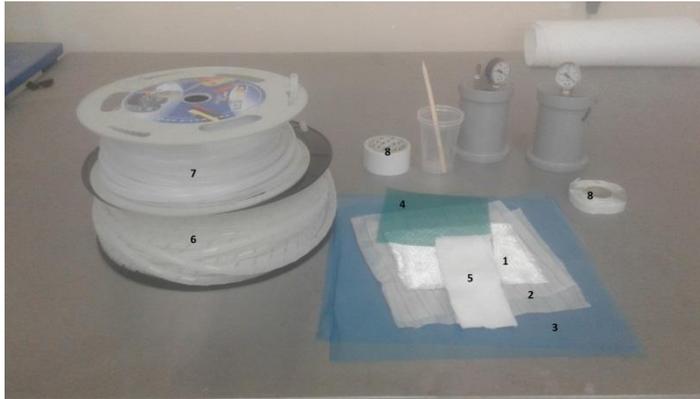
Vakum infüzyon yöntemi 1980'li yıllardan beri başta A.B.D. olmak üzere tüm dünyada, farklı sanayi dallarında uygulanmakta olan bir kompozit imalat yöntemidir. Vakumlanmış ortam içerisinde reçinenin ilerlemesi prensibiyle çalışan bu yöntemde, imalat hazırlıkları tamamlanmış ürünün el değmeden üretimi amaçlanmaktadır [13].

İnfüzyon yöntemi dört bölümden oluşur: Vakum pompası, vakum tankı (reçine toplama tankı), kalıp ve reçine kovası (Şekil 2).



Şekil 2. Vakum infüzyon yönteminde kullanılan elemanlar

Cam elyaf 6 tabaka, Karbon elyaf 6 tabaka, %100 pamuk kumaş 8 tabaka ve yarı mamul pamuk 3 tabaka 22 mm * 25 mm ölçülerinde kesilmiştir. Vakum infüzyon yöntemi ile numune üretimi için gerekli ekipmanlar hazırlanmıştır.



Şekil 3. Vakum infüzyon yönteminde kullanılan ekipmanlar

Vakum infüzyon yönteminde kullanılan ekipmanlar;

- 1) Elyaf (cam elyaf, karbon elyaf, pamuk kumaş) 22*25 cm²
- 2) Soyma kumaşı 34*37 cm²
- 3) Vakum torbası 50*50 cm²
- 4) File 22*25 cm²
- 5) Battaniye 9*24 cm²
- 6) Spiral hortum 27 cm * 2 adet
- 7) Vakum hortumu 70 cm * 3 adet
- 8) Yapıştırıcılar (kağıt bant ve hamur bant)

Reçine olarak 4K oranında MGS L160 içerisine 1K oranında MGS H160 ekleyerek bağlayıcı özelliği sağlayabilmek adına belirli bir süre karıştırma işlemi yapılmıştır.



Şekil 4. Reçine hazırlama işlemi

Vakum infüzyon düzeneği kurulup, numune plaka üretim işlemine başlanmıştır. Yaklaşık 400 mmHg basınçta ve düşük hızda reçinenin elyafa emdirilmesi işlemi takip edilmiştir. Elyafın bütün tabakalarının reçine ile ıslandığı göz ile takip edildikten sonra sisteme hava girmemesi için sistemin reçine giriş ve çıkış hatları tamamen kapatılmıştır. Sistem 24 saat vakum altında oda sıcaklığında çalışır vaziyette bırakıldı, elyaf tarafından emilimi gerçekleşen reçinenin sertleşmesi sağlandı ve numune plakaların üretimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Vakum infüzyon yöntemi ile üretilen numune plakalar

Üretilen numune plakalardan ASTM D638 standardında Type 1 ölçülerinde çekme numuneleri kesilip gerekli testlere tabi tutulmuştur.



Şekil 7. Numune hazırlama işle adımları

Kompozit plakalardan çekme numuneleri hazırlanması için kağıt kalıplar Şekil 7, 1. Adımda gösterildiği gibi hazırlanmıştır. 2. Adımda dekupaj testere ile numune kesim işlemleri yapılmıştır. 3. Adımda kesilen numuneler ASTM D638 Type 1 standardına göre hazırlanmak için zımparalama işlemine tabi tutulmuştur. 4. Adımda hazırlanan çekme numuneleri adlandırılmış ve çekme deneyine hazır hale getirilmiştir.

Hazırlanan çekme numuneleri Zwick/Roell marka çekme cihazında DIN EN ISO 527-2 standardına göre çekme testine tabi tutulmuştur. Ön yük 0,1 MPa, çekme hızı 1 mm/min, test hızı 50 mm/min ve başlangıç konumunda çeneler arası mesafe 115 mm dir.

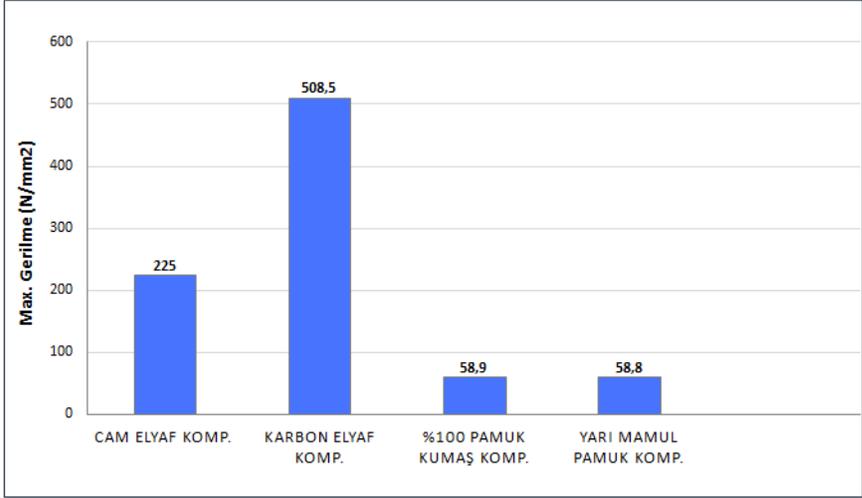


Şekil 8. Çekme Testi

DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. Çekme Deneyi Sonuçları

Yapılan çekme deneylerinden her bir malzeme türüne ait maksimum gerilme, uygulanan kuvvet ve uzama miktarları elde edilmiştir. Malzemenin dayanımı olarak nitelendirilen akmaya başladığı andaki maksimum gerilmeler (akma dayanımı) Şekil 9'de her bir malzeme için karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Elde edilen maksimum gerilmeler N/mm^2 cinsinden verilmiştir.

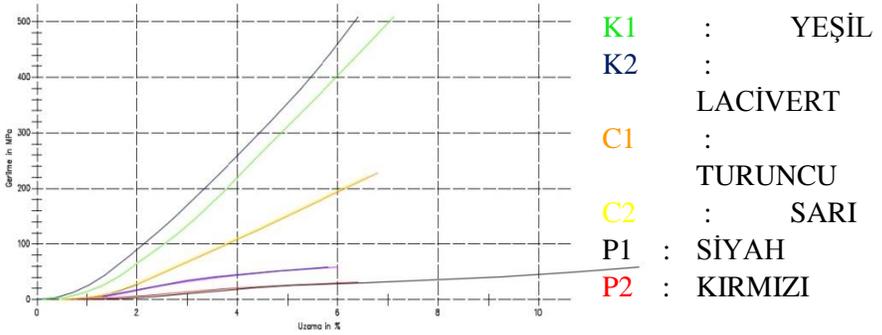


Şekil 8. Çekme deneyi sonuçları-maksimum gerilme

Aynı standartlarda üretilmiş 2 farklı pamuk elyaf takviyeli kompozit malzemenin yaygın kullanılan cam elyaf takviyeli kompozit ve karbon elyaf takviyeli kompozitlere kıyasla maksimum gerilme ve yüzde uzama değerleri kıyaslanmıştır.

Çekme deneyi sonuçları şekil 8 de belirtildiği üzere cam elyaf takviyeli kompozit numunelerinin çekme deneyi sonucu maksimum gerilme değeri 225 N/mm^2 , karbon elyaf takviyeli kompozit numunelerinin maksimum gerilme değeri 508,5 N/mm^2 , %100 pamuk kumaş takviyeli kompozit numunelerinin maksimum gerilme değeri 58,9 N/mm^2 ve yarı mamül pamuk elyaf takviyeli kompozit numunelerinin maksimum gerilme değeri 58,8 N/mm^2 olarak tesbit edilmiştir.

Şekil 9 da belirtilen Gerilme - % Uzama diyagramına göre cam elyaf takviyeli kompozit numunelerinin çekme deneyi sonucu % Uzama değeri %6.6-6.8, karbon elyaf takviyeli kompozit numunelerinin % Uzama değeri değeri %6.4-7.1, %100 pamuk kumaş takviyeli kompozit numunelerinin % Uzama değeri %5.8-6.0 ve yarı mamül pamuk elyaf takviyeli kompozit numunelerinin % Uzama değeri %6.4-12 olarak tesbit edilmiştir.



Şekil 9. Gerilme – % Uzama diyagramı

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada pamuk elyaf takviyeli kompozit malzemelerin, yaygın kullanım malzemeleri olan cam elyaf takviyeli ve karbon elyaf takviyeli kompozitlere kıyasla çekme testi yapılarak maksimum gerilme ve yüzde uzama değerleri kıyaslanmıştır.

Aynı ağırlıkta elyaf katkısına sahip kompozit malzemelerde maksimum gerilme değeri büyükten küçüğe doğru karbon elyaf, cam elyaf, pamuk kumaş ve yarı mamul pamuk elyafdan yapılan kompozitler olarak tespit edilmiştir.

Aynı ağırlıkta elyaf katkısına sahip kompozit malzemelerde yüzde uzama değeri büyükten küçüğe doğru yarı mamul pamuk, karbon elyaf, cam elyaf ve pamuk kumaş elyaftan yapılan kompozitler olarak tespit edilmiştir.

Çalışmadan çıkan sonuç; yarı mamul pamuk elyaf ile pamuk kumaştan yapılan kompozit malzemenin çekme dayanımları arasında birbirine yakın değerler gözlemlenmiştir. Bu biyo kompozit malzemeler cam elyafa nazaran 3.8 kat daha düşük dayanıma sahip olmasına rağmen tekstil artığı olarak değerlendirildiğinde daha düşük gerilme dayanımı gereken uygulamalarda daha az maliyetli ve doğal yaşama daha az zarar veren bir malzeme üretilmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Mohanty, A.K., Misra, M. ve Hinrichsen, G., (2000), Biofibres, Biodegradable Polymers and Biocomposites: An Overview, *Macromolecular Materials and Engineering*, 276/277, 1-24.

[2] Doan, T.T.L., Brodowsky, H. ve Mader, E., (2007), Jute Fibre/Polypropylene Composites II. Thermal, Hydrothermal and Dynamic Mechanical Behaviour, *Composites Science and Technology*, 67, 2707-2714.

[3] Hong, C.K., Hwang, I., Kim, N., Park, D.H., Hwang, B.S. ve Nah, C., (2008), Mechanical Properties of Silanized Jute–Polypropylene Composites, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 14, 71-76.

[4] Uma Dewi, L., Bhagawan, S.S. ve Thomas, S., (1997), Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fiber-Reinforced Polyester Composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 64, 1739-1748.

[5] Arranberi-Askargorta, I., Lampke, T. Ve Bismarck, A., (2003), Wetting behavior of flax fibers as reinforcement for polypropylene, *Journal of Colloid and Interface Science*, 263, 580-589.

[6] Xu, Y., Wu, Q., Lei, Y., Yao, F. Ve Zhang, Q., (2008), Natural Fiber

Reinforced Poly(vinyl chloride) Composites: Effect of Fiber Type and Impact Modifier, *Journal of Polymers and The Environment*, 16, 250-257.

[7] Garcia, M., Garmendia, I. Ve Garcia, J.,(2008), nfluence of Natural

Fiber Type in Eco-Composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 107, 2994-3004.

[8] Cam elyaf sanayi A.Ş. Bülten sayı 6

[9] Şahin, Y., “ Kompozit Malzemelere Giriş ”, Gazi Kitabevi, Ankara 11-16, 37-41, 65-68, 79-88 (2000)

[10] Taj, S., Munawar, M.A. ve Khan, S., (2007), Natural Fiber Reinforced Polymer Composites, *Pakistan Academy of Sciences*, 44(2), 129-144.

[11] Lewin, M., (2006), *Handbook of Fiber Chemistry*, CRC Pres, USA.

[12] İnternet; <http://www.kompozit.net/mgs-laminasyon-epoksi-seti-1160-h160-1-25kg-set-a-b>

[13] Genç,Ç.,Arıcı A.A.,2008, “Yat İmalatında Kullanılan CTP Malzeme ve İmalat Yöntemleri Bölümü III: İnfüzyon Yöntemi”; *Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi*, sayı 178, s. 16-21

SÜRÜ HALİNDE HAREKET EDEN İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ AERODİNAMİK ÖZELLİKLERİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

Numerical Investigation of Aerodynamic Characteristics of Unmanned Aerial Vehicles Moving in Flocks

Mustafa Atmaca* & Berkay Çetin & Ender Yılmaz*****

Öz: Son yıllarda, özellikle ülkemizde insansız hava araçlarının kullanımı hızlı bir şekilde artmaktadır. Askeri operasyonlarda, anlık tespit, takip ve imha kabiliyetine sahip olması bu araçların kullanımının artmasında etkili olmuştur. Ayrıca, düşük işletim masrafları, kaza olması durumunda can kaybının olmaması gibi nedenler de bu araçların kullanımını yaygınlaştırmıştır. Bu çalışmada, insansız hava araçlarının sürü halinde çalışmaları durumunda, belirli mesafede pervanelerinin birbirleri üzerinde oluşturabileceği aerodinamik etkiler sayısal olarak araştırılmıştır. Bunun için öncelikle belirli bir devir sayısındaki tek bir pervane üzerinde üç boyutta, hesaplamalı akışkanlar dinamiği yardımıyla, zamana bağlı olarak analizler yapılmıştır. Bu analizlerde özellikle türbülans, basınç ve hız değişimleri araştırılmıştır. Ayrıca birbirleri üzerinde oluşturabilecekleri etkileşim mesafesi aralıkları belirlenerek güvenilir bölgeler tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pervane, HAD, İHA, Dron, Dört Rotor, Dört Rotorlu, Sürü

Abstract: In recent years, use of unmanned aerial vehicles has increased rapidly especially in our country. During military operations it has been effective increasing use of these vehicles, due to instant detection, tracking and destruction capabilities. In addition, low operating costs and the absence of any loss of life in accident situation have also increased the use of these vehicles. In this study, in the event of unmanned aerial vehicles moving in swarm, aerodynamic effects that propellers will be able to on each other were investigated computationally. For this, firstly analysis was made on three dimensions on a single propeller depending on time with computational fluid dynamics. In these analyzes, especially turbulence, pressure and velocity changes were investigated. In addition, the safe zones that the range of interaction distances that they can create on each other were determined.

Keywords: Propeller, CFD, UAV, Drone, Quadrotor, Quadcopter, Multicopter, Swarm, Flock

1.Giriş

İnsansız hava araçları (İHA) kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Ticari kullanımına ek olarak, askeri ve akademik alanlarda giderek kullanım alanları artmaktadır. İHA'larla ilgili literatürde çalışmalar bulunmaktadır [1-4]. Askeri alanlarda kullanımı en büyük payı oluşturmaktadır, endüstriyel kullanım payı giderek büyümektedir [5]. Son kırk yıl içerisinde insansız hava araçları gelişen teknoloji ile modernize edilerek birçok alanda, farklı tasarım ve özellikleri ile kullanılmaktadır

* Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

** Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi

*** Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi

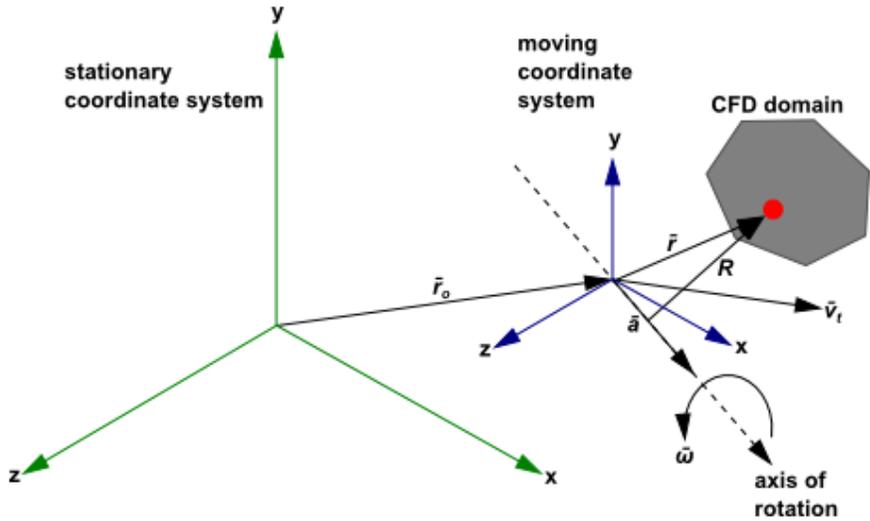
[6,7]. İhaların sürü halinden hareket etmeleri veya yakın hareket etme durumlarında birbirleri üzerinde aerodinamik kuvvetler oluşturmaktadır. Bu çalışmada grup halinde hareket eden insansız hava araçlarının oluşturduğu hava akımları hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yöntemi ile yapılmıştır.

2.Sayısal Yöntemler

Ansys-Fluent ticari yazılımı kullanılarak sayısal hesaplamalar yapılmaktadır. Fluent yazılımı sonlu elemanlar yöntemi algoritmalarını kullanmaktadır. HAD analizi üç temel kola ayrılmaktadır. Bunlar işlem öncesi süreç, işlem süreci ve işlem sonrası süreç olmaktadır.

Türbülans modeli olarak k-ε türbülans modeli kullanılmaktadır. Bu model literatürde yapılan çalışmalara sıklıkla tercih edilmektedir. Sayısal modelin benzetim detayları Tablo 1’de verilmektedir. Benzetimin arka planında kullanılan matematiksel algoritmalarda Hareketli Referans Çerçevesi (HRC) modeli kullanılmaktadır. Sabit ve hareketli referans düzlemleri

Şekil 1’ de gösterilmektedir.



Şekil 1. Sabit ve Hareketli Referans Düzlemleri

| | |
|-----------------------------------|-----|
| $\vec{\omega} = \omega \hat{a}$ | (1) |
| $\vec{v}_r = \vec{v} - \vec{u}_r$ | (2) |

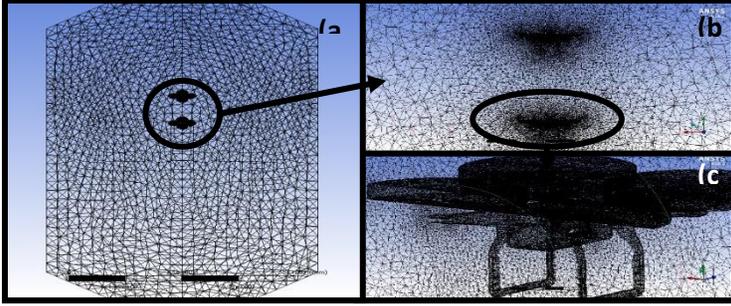
| | |
|---|-----|
| $\vec{u}_r = \vec{v}_t + \vec{\omega} \times \vec{r}$ | (3) |
|---|-----|

Burada, \hat{a} dönme eksenini yönünde birim vektördür, \vec{v}_r bağıl hızdır, \vec{v} mutlak hızdır, \vec{u}_r hareketli referans düzleminin hızıdır, \vec{v}_t translasyonel hız, $\vec{\omega}$ merkezci hızdır. $\vec{\omega}$ ve \vec{v}_t zamanın bir fonksiyonudur.

Tablo 1 Benzetim Detayları

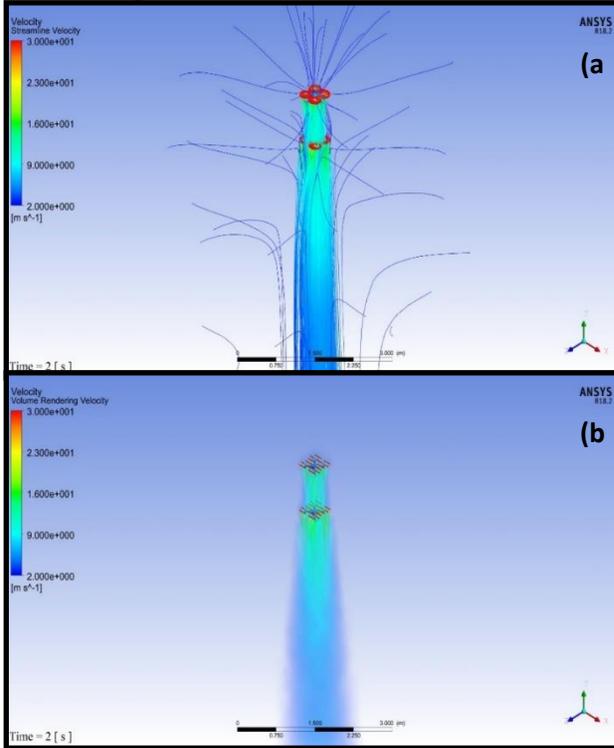
| | |
|---|--|
| Program | Ansyes Sürüm18.2 |
| ANSYS - Mesh | |
| Size Function | Proximity and Curvature |
| Nodes | 6466439 |
| Elements | 4682211 |
| ANSYS - Fluent | |
| Models | |
| Space | 3D |
| Time | Unsteady,2nd-Order Implicit |
| Viscous | Realizable k-epsilon turbulence model |
| Wall Treatment | Standard Wall Functions |
| Cell Zone Setup Conditions | |
| Mesh Motion | Yes |
| Moving Mesh Rotation Speed (rpm) | (+, -)10000 |
| Material | |
| Material | air (fluid) |
| Unsteady Calculation Parameters | |
| Time Step (s) | 0.01 |
| Max. Iterations Per Time Step | 200 |
| Pressure-Velocity Coupling | |
| Type | SIMPLE |
| Discretization Scheme | |
| Pressure | Second Order |
| Momentum | Second Order Upwind |
| Turbulent Kinetic Energy | Second Order Upwind |
| Turbulent Dissipation Rate | Second Order Upwind |

3. Bulgular



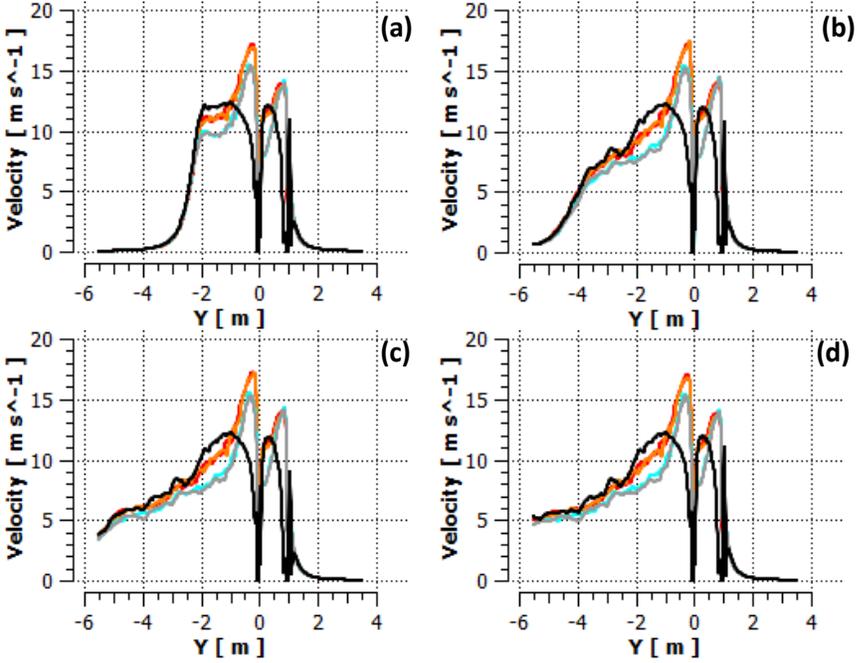
Şekil 2. Mesh Görüntüsü

Benzetim aşaması için kullanılan modelin mesh görüntüsü Şekil 2-a'da verilmektedir. Şekil 2-b'de mesh görüntüsünün kesit görüntüsü ve Şekil 2-c'de insansız hava aracı modelinin yakından mesh görüntüsü gösterilmektedir. Oluşturulan toplam düğüm sayısı 6.466.439'dur. Oluşturulan toplam eleman sayısı da 4.682.211'dir.



Şekil 3. Oluşan Hava Akımı

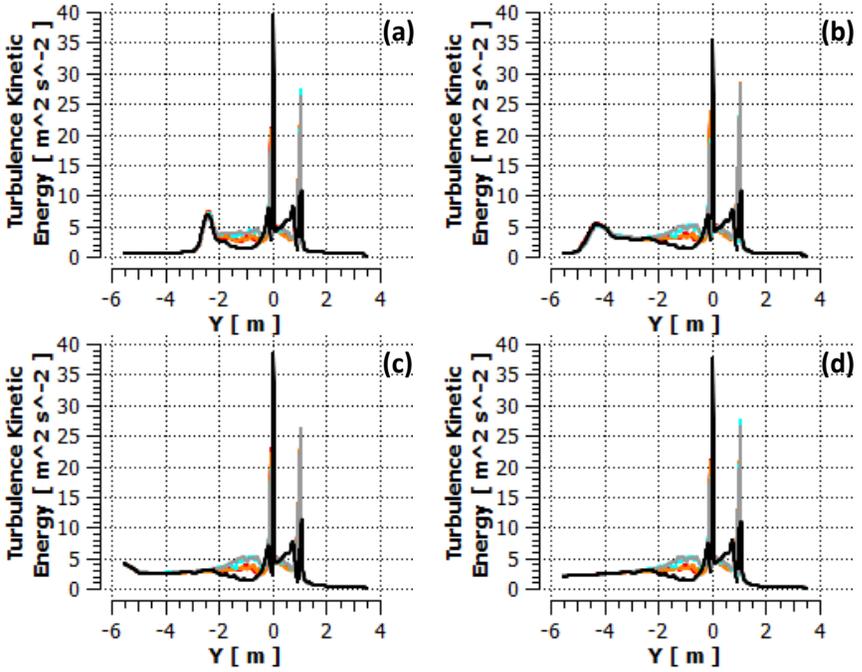
Benzetim süresinin 2. saniyesinde insansız hava aracının çevresinde oluşan hava akımı Şekil 3' de gösterilmektedir. Şekil 3-a'da aerodinamik akış çizgileri Şekil 3-b'de hacimsel kaplaması gösterilmektedir.



Şekil 5. Hız dağılımları

a) 0,5. saniye b) 1. Saniye c)1,5. Saniye d) 2. saniye

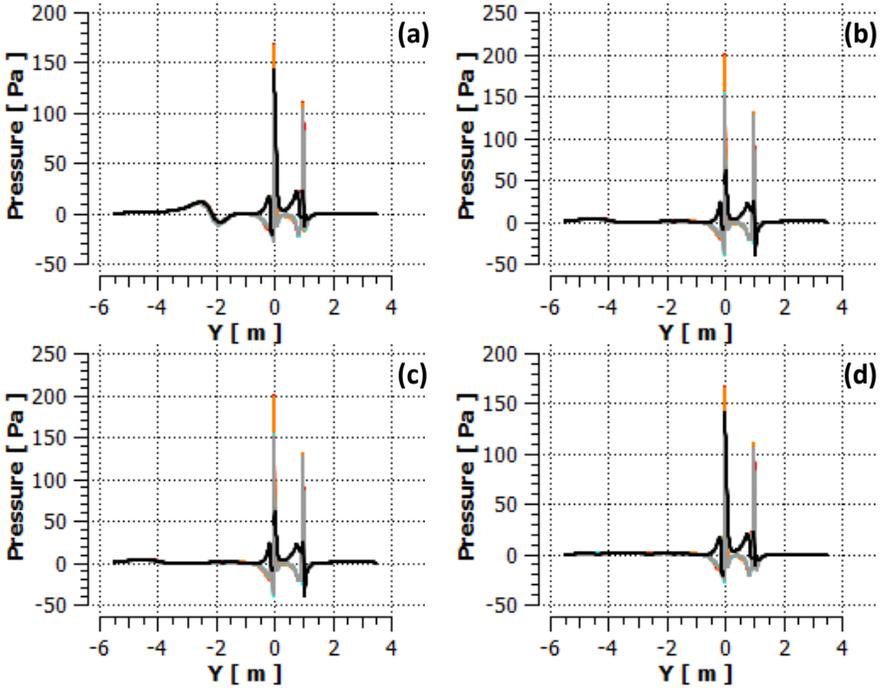
Şekil 5’de y eksenı boyunca oluşın hız dağılımları gösterilmektedir. Grafiklerde y eksenı mesafesinin tanım aralığı -6 metre, +4 metre arasındadır. Şekil 4’de üstteki İHA’nın oluşturduğu hız, tüm pervane eksenlerinde yaklaşık olarak 14 m/sn civarındadır. İkinci İHA’nın kırmızı ve turuncu renkle gösterilen arka pervane eksenlerinde oluşın hız yaklaşık 17 m/sn, mavi ve gri renkle gösterilen ön pervane eksenlerinde oluşın hız yaklaşık 15m/sn olduğu görölmektedir. İkinci İHA üstteki İHA’nın hareketi sonucunda oluşın hava akımından etkilenmektedir.



Şekil 6. Türlülans kinetik enerji dağılımı grafikleri

a) 0,5 saniye b) 1. saniye c) 1,5. saniye d) 2. saniye

Şekil 6'da farklı benzetim zamanlarında türlülans kinetik enerjisi dağılımı y eksenine göre gösterilmektedir. Grafikler incelendiğinde Şekil 6-a'da benzetim süresinin 0,5 saniyede y ekseninde -4 ve -2 metre arasında oluşan türlülans kinetik enerjisi ilerleyen benzetim süresince dağılmaktadır. Benzetim süresi 1.saniyede -6 ile -4 metre arasına, benzetim süresi 1,5 saniyede -6 metrede ötesine dağıldığı gözükmektedir. Türlülans kinetik enerjisi benzetim süresi 1,7 saniye sonra hesaplamalarda kararlı hale geçmektedir.



Şekil 7. Basınç dağılım grafikleri

a) 0,5 saniye b) 1. saniye c) 1,5. saniye d) 2. saniye

Şekil 7’de değişen benzetim zamanlarında y eksenine göre, basınç dağılım grafikleri gösterilmektedir. Şekil 7-a’da benzetim süresi 0,5 saniyede

-4 ve -2 metre arasında gözükken çizgisel dalgalanma, benzetimin ilk çalışması sırasında pervanelerin oluşturduğu ilk basınç etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu basınç etkisinin zamanla kararlı hale geldiği gözükmektedir.

Grafiklerle siyah renkle gösterilen çizgi İHA’ların orta noktasından geçmektedir. Birinci İHA’nın ikincisi üzerinde orta noktasında oluştuğu basınç gözükmektedir. Şekil 7-d’de benzetim süresi 2 saniye sonunda ikinci dört dönerin üst-orta noktasında yaklaşık 150 Pa’lık basınç, alt-orta noktasında yaklaşık 20 Pa’lık, basınç oluşmakta olup toplam 170 Pa’lık bir basınç farkı oluşmaktadır. Oluşan bu basınç farkı ikinci dört dönere aşağıya yönde kuvvet uygulamaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada sürü halinde hareket eden dört dnerlerin hareketleri sonucunda birbiri üzerinde oluşturduğu etkiler araştırılmıştır. Yakın mesafelerde hareket eden İHA'ların üzerinde oluşturduğu aerodinamik etkileri en aza indirilmesi için belirli bir güvenli uçuş mesafesine sahip olmaları gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada, aerodinamik acıdan kararsız bölgenin insansız hava aracı modelinin 50 santim mesafesinde olduğu tespit edilmiştir.

Otonom hareket edebilen İHA'lar bu mesafeyi tanımalı ve belirlenen takip mesafeleri doğrusunda hareket etmelidirler. Yakın mesafelerde uçabilecek olan her bir otonom insansız hava aracı modeli için aerodinamik acıdan güvenli bölgeler tanımlanmalı ve bu doğrultuda yeniden tasarlanmalı veya yeniden programlanmalıdır.

KAYNAKÇA

1. Villa, T.F. Gonzalez, F. Miljevic, Ristovski, Z.D. Morawska, L. (2016). Overview of small unmanned aerial vehicles for air quality measurements: present applications and future prospectives. *Sensors*, 16. DOI: 10.3390/s16071072.
2. Divitiis, N. (2003). Wind estimation on a lightweight vertical take off and landing uninhabited vehicle. *Journal of Aircraft*, 40, 759–767. DOI: 10.2514/2.3155.
3. Herrick, K. (2000). Development of the unmanned aerial vehicle market: forecasts and trends. *Air and Space Europe*, 2, 25-27. DOI: 10.1016/S1290-0958(00)80035-0
4. Harmon, F. G. Frank, A.A. Chattot, J.J. (2006). Conceptual design and simulation of a small hybrid-electric unmanned aerial vehicle. *Journal of Aircraft*, 43, 1490-1498. DOI: 10.2514/1.15816.
5. Dikmen, I. C. Arısoy, A. Temeltas, H. (2009). Attitude control of a quadrotor. 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies, 722– 727.
6. Austin, R. (2010). Unmanned aircraft systems: uavs design, development and deployment. Wiley: Hoboken. NJ. USA.
7. Nonami, K. Kendoul, F. Suzuki, S. Wang, W. Nakazawa, D. (2010). Autonomous flying robots - unmanned aerial vehicles and micro aerial vehicles. Springer. Japan.

COMPARISON WITH THE CURRENT SITUATION OF PRE-DETERMINED CRITICAL POINTS FOR TRAFFIC ACCIDENTS IN KONYA

Atiye BİLİM & M. Levent AĞIRDİR

Abstract: Traffic accidents are in the first place in our country and in the world deaths. These accidents cause both loss of life and disability of many people. In addition, it causes serious loss money to country economy. For this reason, the studies for reducing traffic accidents are very important. In accordance this purpose, the cause-and-effect relationships of traffic accidents in Konya city were researched in a study, 2005. In this study, using critical point detection methods, regions where intensive traffic accidents occurred in Konya city were determined. In this study, these regions were compared with the present situation and the applied solutions were determined and consultations were carried out. Also, the statistics about traffic accidents in Turkey were presented. The number of motor vehicles in Konya, the number of driver license and the share of total traffic accidents in the country were examined.

Keywords: Traffic accident, Traffic safety, Drivers, Vehicle

1. INTRODUCTION

Parallel to the whole world, transportation and traffic problems have manifested due to rapid population growth in our country, migration from rural areas to urbanization, urbanization without a plan for the future and increases in the number of vehicles due to technology. The causes of traffic accidents are human, vehicle, environment, road, control and application factors. An unfavorable result in one of these factors also affect other factors and cause traffic problems. In this way, traffic accidents cannot be prevented. There are many material and moral losses in these accidents (Karasu ve Bilgiç, 2000).

The aim of urban transport is to plan and implement a transportation system that meets the needs of the city's residents with appropriate volume and quality of transportation needs and that can be adapted to future developments and is in line with urban development targets (Evren, 1989). Especially in big cities, the transportation system is like the circulation system of the urban organism. The responsibility for most of the discomforts in this system is also the organism. That is the structure of the city (Erel, 1992).

Among the causes of traffic accidents in our country may be attributed to increased traffic intensity, lack of traffic education, some social and

cultural behavior of the community, inaccuracies in the regulation of road infrastructure and transport facilities, inadequacies in traffic management and control, and lack of public transport in the form of safe transportation. (Göktuğ, 2002).

Traffic accidents are the result of one or more of the basic elements of transportation, human, vehicle, road, and sometimes one or more of the environmental conditions, or of material damage, injury and death resulting from the interaction of these elements with each other. (Yüksel, 2003).

Causes of traffic accidents can be grouped into the following items:

- Driver
- Pedestrian
- Passenger
- Road
- Vehicle

The accident, involves one or more vehicles moving on the road; death, injury or property damage According to this definition, in order to be able to say a traffic accident to an event, the following elements must be found;

- One or more vehicles are involved in the accident.
- Vehicles must be on the highway, (Vehicles serving public service on the sea, lakes and rivers that provide a link to a particular highway and parts reserved for road vehicles be considered highway)
 - One of the vehicle or vehicles must be in motion,
 - The person or entity must be harmed as a result of the accident ,
 - There is no intrude in the accident,
 - Death, injury or damage must come to the scene

If one of these elements is missing, the event should not be considered a traffic accident (Emniyet Genel Mudurlugu, Trafik Hizmetleri Başkanlığı, 1998). It is estimated that traffic accidents will be in the third place among the causes of death in 2020. We only have the numbers of people who died at the scene of accident; the number of deaths in the hospital is not in the records (Eşiyok etc., 2005).

Defect rates in traffic accidents in our country during 2005 and 2016 both in urban areas are shown in Table 1. Since 2005, it is seen that the number of traffic accidents due to driver defects is decreasing. However, accidents due to pedestrian and passenger defects have increased about 4 times and accidents due to vehicle and road defects have increased about 2 times. Accidents due to vehicle defects have increased about 2 times.

Table 1. Defect rates in the traffic accidents over the years (Trafik kazalari ozeti, 2016)

| Year s | Driver | Pedestr ian | Passen ger | Vehi cle | Road |
|-----------|--------|----------------|---------------|-------------|------|
| | % | % | % | % | % |

| | | | | | |
|-------------|-------|------|------|------|------|
| 2005 | 97,39 | 2,04 | 0,11 | 0,25 | 0,22 |
| 2016 | 90,00 | 8,6 | 0,40 | 0,50 | 0,50 |

2. Current Situation of Konya Urban Transit

When the status of transportation systems in Konya province is assessed, it is seen that transportation is predominant in highway. Not all transportation systems are used in a balanced and integrated way. There are trams as a rail system. The "light railed transport system (HRUS)" project, which was started in 1987, was put into service in Konya on 28 September 1992. (Gedizlioğlu and Ögüt, 1999). But trams are not a convenient type of transport for a metropolitan city. Already tramlines are only on the main roads. It is also a waste of time due to the slow transportation.

One of Turkey's most modern signaling systems "Migra System" are available in Konya. However, the area covered by this system needs to be developed and expanded in the short and medium term. The 'green wave' system, which exists in some corridors today, needs to be extended to the outer regions parallel to the development of the city, and it is necessary to create a 'green wave' system that will provide spatial optimization in the city center. The number of vehicles classified by type and the total number of vehicles in Konya City Center for 2005 and 2018 years are clearly shown in Table 2 below. When we look at the number of motor vehicles, the number of vehicles has increased 3 times since 2005. While there are motor vehicle vans with the greatest increase in numbers, tractors followed them.

Table 2. Number of motor vehicles in Konya City center by type

| Type of motor vehicles | 2005 | 2018 |
|-------------------------|---------------|---------------|
| Automobile | 97618 | 349538 |
| Van | 28031 | 118707 |
| Truck | 18858 | 36055 |
| Tractor | 21177 | 87132 |
| Bus | 1646 | 5926 |
| Minibus | 4669 | 10875 |
| Motorcycle | 40441 | 103461 |
| Special Purpose Vehicle | 500 | 2022 |
| Total | 212940 | 713716 |

The number of driver licenses in 2005 and 2017 in Konya are shown in Table 3.

Table 3. Number of driving licenses in Konya

| | 2005 Year | 2017 Year |
|----------------------------|-----------|-----------|
| Number of driving licenses | 479537 | 821001 |

Table 4. Driver's license per vehicle in Konya

| | 2005 Year | 2017 Year |
|------------------------------|-----------|-----------|
| driver's license per vehicle | 2,25 | 1,15 |

The number of driver's license has increased 1.7 times since 2005. The increase in the number of vehicles is faster than the number of driving licenses. So the number of users per vehicle number naturally decreased (Table 4).

3. Definition of black spot and methods of determining black spots

This point is referred to as a 'black spot' if an accident occurs over a certain number of the same species within a time period determined at a point or a sectional.

The main issue for the detection of black spots is how to detect the spot and which method to use for this detection. Despite the use of many methods in the world, the most commonly used methods are shown below:

- Accident number method
- Accident recount method
- Equivalent weight method
- Rate quality control method

3.1. Accident number method

In this method, which is also called the map method or the crash frequency method, the number of accidents occurring in a certain time interval in a certain road selection is determined. The preferred time interval for using this method is 1 year. The biggest advantage of choosing a year as time interval is to see the distribution of accidents in all seasons. It is checked whether the number of accidents found is less than the number of critical accidents and if more, it is called the black spot. . The number of critical accidents is determined by the relevant organization according to the socio-economic structure of the country and the same value is used for each year. The disadvantage of this method is that it does not take into account traffic intensity and selection length.

However, it can be used in urban roads or roads where there is little traffic intensity, or in countries with low annual accidents.

3.2. Equivalent weight method

This method, also called as an accident severity method, is slightly different from other methods. The biggest difference is the evaluation of the vehicles involved in the accident and the casualties. For each of the selections examined, the number of injured or deceased persons as a result of the accident is also taken into account, with vehicles damaged. Of course, each of these must be collected in a common unit in order to bring them together, which are quite different from each other. The generally accepted numbers are given below but vary according to the degree of development of the country

1 fatal accident = 9 material damaged accident

1 injured accident = 3 material damaged accident

According to these assumptions, the following formula can be used to find the severity of a segment:

$$AS = 9 FA + 3 IA + MDA$$

AS: Accident Severity

FA: Fatal Accident Number

IA: Injured Accident Number

MDA: Material Damaged Accident Number

3.3. Considerations in black spots analysis

The time frame considered in the black spot analysis is usually one year. The number of years to be controlled should be taken for at least three years to achieve healthy outcomes. The healthiest results can be obtained from five-year data. For a point to be a black spot, the total number of accidents of the same species per year is determined by the level of development of the country

The paths to be analyzed can be classified among themselves according to the situations such as intersections, bridges. This classification also allows the roads to be dealt with partly, and attempts to find a solution to this problem. For example; if the accidents happen because of the disorder in the crossroad arrangement, the crossroad is arranged.

It is not a definite limit to the length of the section to be analyzed, but is generally accepted and used for a length of 1 km. That is, the selected road group is examined in strips of 1 km. Accidents that occur every 1 km are treated collectively within that kilometer.

The database to be used for accident analysis must include all accidents, especially mortal and injured. However, there are no inconveniences within the scope of material damage accidents. In order to perform a comprehensive analysis, the database should include

physical characteristics such as straight road, curve, pedestrian crossing, road width, as well as the time of the accident, seasonal conditions, driver characteristics, etc. in the data base (Baykam, 2001).

4. The Top Ten Most Accidental Districts in Konya Urban.

The districts with the highest traffic accidents in Konya have been identified. In order to identify these areas, the Konya Traffic Supervision and Branch Directorate received assistance by means of data from this unit, the districts with the highest traffic accidents were identified. Observations were then made on these identified districts.

Accident severity was calculated according to the number of accidents and the equivalent weight method by using counts of mortal, injured and material damaged accidents in 2005. The top ten districts in Konya urban where the most traffic accidents have occurred have been identified. (Bilim,2006).

1. İstanbul Road
2. Ankara Street
3. Antalya Ring road Crossroad
4. Nalçacı Street - Sille Crossroad
5. Otogar Crossroad
6. Atatürk Street
7. Beşyol Crossroad
8. Beyşehir Ring Road - Sille Street Crossroad
9. Sanayi Overcrossing
10. Rauf Denктаş Street - Kerkük Street Crossroad

4.1.İstanbul Road

This road comes from the city center and is a road used by the vehicles that want to go to the terminal and Alaaddin Keykubat campus of Selçuk University In addition, this road is the ring road they have to use for vehicles that want to reach Istanbul and Afyon. Two-way traffic flow is provided on this road. There is also a tram route parallel to the Istanbul road.

After 2005, some arrangements were made on this road to reduce traffic intensity and accidents and ensure road safety. For this purpose, pedestrian sidewalks were built in 2005 for pedestrian safety in the following years. Konya is also a city with a high rate of bicycle use due to its straight geographical structure. For this reason, bicycle path arrangements were also made on this road. In addition, driving is a high-speed driving experience in the city due to the inter-city connection. For this reason, a speed control system with TEDES named radar was established and the maximum speed was determined as 82 and it was aimed to reduce the number of accidents by providing speed control. One overcrossing has been applied on this route and a new one was started for the construction.

4.2. Ankara Street

This road connects the road from the city center (Zafer-Alaaddin) to the Ankara ring road. There are two-way traffic on this road. Vehicle traffic operates smoothly. There is also no problem in terms of pedestrian traffic. There are lights on the pedestrian crossings, and the transitions are carried out safely. There are very large pavements.

One of the biggest and most important problems in Ankara Street is the number of cyclists too much. Bicycle roads have been arranged here so that both the traffic and the bicyclists can safely move in the traffic after 2005. In terms of traffic safety, additional lighting systems are another change for this street. There is also an overcrossing construction started.

4.3. Antalya Ring road Crossroad

It is the crossroad located on the ring road connecting Konya to Antalya. Because the crossroad is far from the center of the city, there is little pedestrian traffic buses and trucks are mostly placed in the vehicle traffic.

In order to relieve the traffic intensity and for safety, an overcrossing was applied in this district after 2005.

4.4. Nalçacı Street - Sille Crossroad

This crossroad is one of the important district due to the high traffic density. Inside this intensive traffic, there is also a tramline and this situation causes traffic congestion. Because of the short duration of light on turns to the left, the vehicles that wanted to turn to the left formed long queues. Foreign drivers who do not know the traffic of Konya also come to the front and occupy the other lanes. However, in the last revision, the turn to the left has been canceled and traffic density has been tried to be reduced.

4.5. Otogar Crossroad

This crossroad is located on Istanbul Road. It is named Otogar Junction, because it is in the place where the Konya intercity terminal is located. Therefore, the junction uses by intercity buses. This situation causes some problems there are dozens of buses crossing the bus terminal every half an hour, which negatively affects the city traffic, which is already busy. The problem is solved by applying a multi-junction project.

4.6. Atatürk Street

This road is a means of vehicles coming from the direction of the Anıt zone and going to Zafer-Alaaddin region. Vehicles parked on the left and right of the road narrow the road, which adversely affects the traffic flow. Alternative routes are needed to reduce traffic density on this street.

After 2005, a parking garage was constructed on this street, and it was aimed to reduce the vehicles that put traffic safety in danger by parking on the street. No significant change has been made.

4.7. Beşyol Crossroad

This junction is located on the Ankara link road. There is a controlled transition through the traffic lights at the crossroad.

After 2005, no significant change was made at this crossroad. Making an underpass here will be effective both for relieving intense traffic and for minimizing traffic accidents.

4.8. Beyşehir Ring road - Sille Street Crossroad

This crossroad is on the road to the ring road leading to the Beyşehir district of Konya. This road also goes to Meram, the central district of Konya. In addition, the Beyşehir ring road is connected to the Antalya ring road. Vehicle traffic in the junction is controlled by traffic lights.

The biggest problem at crossroad is the intersection of a road that leads to both an ring road and a city center. In order to solve this problem, an underpass must be made urgently here. Thus, the vehicles using the ring road will pass through the underpass without encountering the vehicles waiting in the red light and going to the city center. After 2005, this solution was passed on and problems were removed.

4.9. Sanayi Overcrossing

At this overcrossing, the vehicles coming from the city center and going to the Istanbul pass over the Industrial Bridge. The vehicles coming from the Istanbul road and going to the city center pass through the underpass. Once again, the vehicles that come from İstanbul road and want to go to Beyşehir ring road can pass over the bridge and go to the road going to the Antalya ring road.

No major changes were made at this overcrossing after 2005.

4.10. Rauf Denктаş Street - Kerkük Street Crossroad

There is a controlled passage with the traffic lights at the crossroad. A vehicle arriving from Rauf Denктаş Street enters an underpass and faces Rauf Denктаş Street-Kerkük Street Crossroad at the exit of the underpass. There is a traffic light at the exit of the underpass. In other words, vehicles to enter the crossroad must wait in this light. But since the light is just past the underpass, the drivers waiting in red light have to line up in a vertical ramp. This leads to the possibility of the vehicles to retreat during the take-offs of the drivers. It is also not very safe in terms of pedestrian traffic.

After 2005, no significant change has taken place at this crossroad.

5. Results and Suggestions

In a study conducted in 2005, the top 10 regions where the traffic accidents in the city center of Konya occurred the most were identified. (Bilim, 2006) In this study; this regions were observed again and the change cases were identified. In addition, it has been researched how the

conditions determined in 2005 (Science, 2006) study are applied nowadays. The following is a summary of the changes in substances over a period of about 13 years.

- In 2005, the number of vehicles in Konya increased from 212940 to 713716 in 2017 (3,35 times increase).
- The number of driving licenses has increased from 479537 to 821001 (1,7 times increase).
- İstanbul Road: Sidewalks and bicycle roads were built for pedestrian safety. It was aimed to reduce accidents by establishing a speed control system with TEDES. There are also overcrossing applications that are completed and completed on this route.
- Ankara Road: Bicycle roads have been arranged here so that both the vehicle traffic can be relieved and the bicyclists can safely move in the traffic. In terms of traffic safety, additional lighting systems are another improvement to this street. There is also an overcrossing project, which started construction in 2018.
- Antalya Ring Road Junction: In order to relieve the traffic there and to ensure safety, overcrossing was applied in the region
- Nalçacı Street - Sille Junction: After 2005, attempts were made to reduce the traffic intensity by canceling the left turns to solve the above problems.
- Otogar Junction: This problem has been solved in general by applying an interchange made in 2005.
- Atatürk Street: It was aimed to reduce the number of vehicles that put traffic safety in danger by parking on the street with a parking garage.
- Beşyol Junction: After 2005, no significant change was made at this crossroad. Making an underpass here will be effective both for relieving intense traffic and for minimizing traffic accidents.
- Beyşehir Ring Road - Sille Street Junction: The problem has been solved with the underpass.
- Sanayi Overcrossing: After 2005, no significant change has taken place at this overcrossing.
- Rauf Denктаş Street - Kerkük Street Junction: After 2005, an important arrangement was not realized at this district.

6. REFERENCES

Baykam, H. (2001). Isparta, Burdur, Antalya şehirlerarası yollarındaki kara noktaların belirlenmesi ve çözüm önerileri. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

Bilim, A. (2006). Konya şehiriçinde meydana gelen trafik kazalarının analizi ve kritik noktaların belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Selçuk

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

Erel, A. (1992). İstanbul'da ulaşım sorunlarına ve çözüm yollarına yaklaşım biçimi. İstanbul İkinci Kent İçi Ulaşım Kongresi bildiriler kitabı, İstanbul, s.28–37.

Eşiyok, B., Korkusuz, İ., Cantürk, G., Alkurt, H.A., Karaman, A.G., Hancı, H.İ. (2005). Road Traffic Accidents and Disability: A Cross-Section Study From Turkey. Disability and Rehabilitation, 27(21), 1333-1338.

Evren, G. (1989). Kentsel ulaşımında raylı taşıma sistemlerinin genel değerlendirilmesi. RAYTAŞ'89 Ulaşımında Raylı Taşıt Sempozyumu bildiriler kitabı, Adapazarı, s.507–535.

Gedizlioğlu, E., Öğüt, S. (1999). Türkiye'de kentiçi raylı ulaşım sistemleri. Kentiçi Ulaşımında Raylı Sistemler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Eskişehir.

Göktuğ, M. (2002). Kentiçi ulaşım sorunları, çözümleri ve Erzurum örneği. . Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.

Karacasu, M., Bilgiç, Ş. (2000). Türkiye' de trafik kazalarının meydana geliş sebeplerinin genel değerlendirilmesi, uygulamaya yönelik sorunlar ve çözüm önerileri. Trafik 2000 Sempozyumu, Samsun.

Konya Bölge Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü, Konya.

Trafik kazaları özeti. (2016). T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı. Karayolları Genel Müdürlüğü yayınları.

Yüksel, S. (2003). Türkiye'de kentiçi karayolu güvenliği üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir.

KOLEMANİT VE ÜLEKSİT KONSANTRATÖR ATIKLARIYLA DÜŞÜK SICAKLIKTA SİYAH RENKLİ BOYAR MADDE ELDESİ

*Black pigment production at low temperature using colemanite and
ulexite concentrator wastes*

H. CENGİZLER*

Öz: Bu çalışmada siyah sır boyar maddesi üleksit ve kolemanit konsantratör atıkları ilavesiyle üretilmiştir. Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO_2 , CoO ve üleksit ve kolemanit konsantratör atıkları ile siyah boyalar hazırlanmış ve sırların sinterleşmesi incelenmiştir. Böylece, kalsinasyonun yüksek sıcaklıklarda gerçekleştiği siyah boya üretiminin daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Ticari olarak üretilen siyah boyar maddelerin renk değerleri standart alınarak üretilen boyar maddelerin renk değerleri ile karşılaştırılmıştır. $1300^\circ C$ de elde edilebilen siyah rengin kolemanit atık katkısı yardımı ile kalsinasyon sıcaklığının $1000^\circ C$ de mümkün olabildiği ancak CoO katkısının fazla olmasından dolayı b değerinin standartlara göre fazla olduğu tahmin edilmektedir. Kolemanit katkılı siyah renkli karoların mat üleksit içerikli karoların ise parlak olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Siyah boyar madde, üleksit, kolemanit, kalsinasyon, renk.

Abstract: In this study black pigments were synthesized with the addition of ulexite and colemanite concentrator wastes. Black pigments were prepared using Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO_2 , CoO , ulexite and colemanite concentrator wastes and the sintering behavior of the glazes were studied. Thus, the production of black pigment, which usually produced at high calcination temperatures, at lower temperatures was aimed. The colorimetric values of the commercial black pigments were taken as standard for comparing to those of the experimental pigments. It was seen that the production of black pigment at $1000^\circ C$, which is usually produced at $1300^\circ C$, with the aid of colemanite concentrator waste was possible. However, higher b colorimetric values compared to those of the standard one was thought to be due to the high amount of CoO addition. Tiles of black colour containing ulexite concentrator waste was matte while those containing colemanite concentrator waste was glossy.

Keywords: black paint, ulexite and colemanite concentrates, calcination, color.

1. GİRİŞ

Seramik pigmentleri seramik endüstrisinde sırlara renk vermek için kullanılır. Camı matriks içinde renk oluşturma, çözünmeyen renkli kristal veya kristallerin matriks içinde dağılması yoluyla gerçekleştirilir. Böylece kristalin rengi transparan matrikse renk verir. Seramik pigmenti olarak kullanılan kristallerin çoğu oksitlerdir. Bunun sebebi, oksitlerin ergimiş silikat camı içinde çok duraylı olmasıdır¹. Pigmentlerin içerdiği bu oksitlerin çoğu silikat ve spineller gibi karışık oksitlerin kristalleri

* Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Turgutlu Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Endüstriyel Cam ve Seramik Programı

veya zirkon oksitlerdir. Pigmentler ve özellikle inorganik sentetik pigmentler endüstriyel kimyasal saflıktaki metal oksitlerinin veya bu metallerin tuzlarının veya bu oksit ve tuzları içeren hammaddelerin yüksek sıcaklıkta (500-1400°C) ısıtılma tabii tutulmasıyla elde edilir²⁻⁵. Pigmentler pişirme esnasında termal açıdan duraylı olmalı, sır veya bünye içerisinde çözünmemeli, asit ve bazlara karşı dayanıklı olmalı, sırda hatalara yol açabilecek gaz emisyonu yapmamalı ve kristal yapılarını koruyarak küçük taneler halinde dağılmalıdırlar⁵. Pigmentlerin dayanıklılığını ve boyama gücünü etkileyen en önemli faktörler boyanın kendi bileşimi, kullanıldığı sıranın bileşimi, fırın sıcaklığı ve pişirme atmosferidir⁶. Seramik endüstrisinde çevresel sakıncaları gözetken koyu renkli yüksek kaliteli, dayanıklı pigment üretimine büyük ilgi duyulmaktadır^{6,8}.

Seramik sırlarının renklendirilmesinde kullanılan en önemli kahverengi ve siyah pigmentler Fe-Cr spinellerdir. Bu inorganik pigmentler tüm pigmentler içerisinde % 25 gibi yüksek bir kullanım alanına sahip olup, demir oksit-krom oksit sistemlerinden oluşmaktadır. Fe-Cr oksit içeren pigmentler, saf Cr₂O₃ ve Fe₂O₃ in ağırlıkça belli oranlarda karıştırılıp 1000°C'nin üzerinde pişirilmesiyle^{4,9-11}, ikincil hammaddelerden veya atıklardan da sentezlenebilirler^{6,9,12,13}. Özellikle Cr₂O₃ ve Fe₂O₃ bileşenlerine çeşitli oksitlerin (MoO₃, TiO₂, MnO₂) ya da mineralleştirici (Na₃PO₄) ilavesiyle kobalt içeren siyah pigmentlere benzer daha ucuz Fe-Cr pigmentler üretilmiştir². Pigmentin siyah rengi, hammadde tane boyut dağılımına, başlangıç kompozisyonuna, sentezlenme sıcaklığı ve süresine bağlıdır².

Kolemanit, boraks ve borik asit içeren sır bileşimlerinin 900°C de sentezlendikleri ve bu sırların mat görüntü oluşturduğu belirtilmiştir¹⁴. Sırlarda B₂O₃ yumuşama ve erime sıcaklıklarını düşürmekte, yüzey gerilimlerini azaltmakta ve sıranın mekanik ve termal özelliklerini geliştirmektedir. Bu nedenle B₂O₃ içeren bir atığın sır bileşiminde kullanılması ekonomik, teknik ve çevresel açıdan önem arz etmektedir¹⁵.

Bu çalışmanın amacı Cr₂O₃, Fe₂O₃, MnO₂ ve CoO ile beraber Türkiyede büyük miktarlarda biriken ve çevre sorunları yaratan kolemanit ve üleksit konsantratör atıkları kullanarak siyah renkli boyar madde üretmek ve kalsinasyon sıcaklığını düşük sıcaklığa çekerek enerji tasarrufuna katkıda bulunabilmektir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Malzemeler

Kolemanit ve üleksit konsantratör atıkları Eti Holding A.Ş den, oksitler (Cr₂O₃, MnO₂, CoO ve Fe₂O₃) Akdeniz Kimyasal ve Boyar Madde Sanayi A.Ş den temin edilmiştir. Tablo 1 kolemanit ve üleksit atıklarının kimyasal bileşimlerini göstermektedir. Kolemanit atığı %16,8, üleksit atığı ise %15,13 B₂O₃ içermektedir ve ilgili literatürle uyumludur¹⁶.

2.2. Yöntem

Etüvde (Heraus) 110°C de kurutulmuş olan üleksit ve kolemanit konsantratör atığı numuneleri değirmende (Maccihine Macine Schmalta) kuru olarak 3 saat boyunca öğütülmüştür. Titreşimli kuru elek analiz cihazı (FRITSCH Pulverisette) kullanılarak her iki numunenin elek analizleri yapılmıştır. Analiz sonucunda her iki konsantratör numunesinin %74 nün 32 mikronun altında olduğu görülmüştür (Tablo 2).

Fe-Cr pigmentleri kahverengi oluşturma eğilimindedir. Siyah rengin oluşumu % 6 dan fazla CoO ve MnO₂ kullanımı ile mümkündür^{2,6}. Uygun siyah renk değerinin² ölçülebilmesi için reçeteler oluşturulmuştur (Tablo 3). Konsantratör atık numuneleri ve oksitler Tablo 3 de verilen reçetelere göre hazırlanmış ve manyetik karıştırıcıda (Chiltern) distile su ile karıştırılarak siyah renkli boyar madde elde edilmiştir. Süspansiyon hazırlanırken deflokülan kullanılmamıştır.

Siyah renkli sır boyutları 5 cm x 5 cm x 1 cm olan karolara akıtma yöntemiyle uygulandıktan sonra 1 gece kurumaya bırakılmıştır. Laboratuvar fırınında (Protherm) sırasıyla 1000°, 1100° ve 1150°C ler de 2 saat pişirilmiştir. Karoların renk değerleri Ege Seramik A.Ş. de Erichsen Spectromaster 565-D cihazı ile saptanmıştır.

Sonuçlar, trikromatik renk koordinatları olarak verilmiştir. L, değeri beyazlık derecesini; a, yeşil ve kırmızı renkleri arasında; b, mavi ve sarı renkleri arasındaki değişimi ifade etmektedir^{17,18}.

Tablo 1. Kolemanit ve üleksit konsantratör atıklarının kimyasal analizi

| Oksitler (%) | Kolemanit atığı | Üleksit atığı |
|--------------------------------|-----------------|---------------|
| SiO ₂ | 39,2 | 37,03 |
| B ₂ O ₃ | 16,8 | 15,13 |
| Al ₂ O ₃ | 0,45 | 0,47 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,33 | 0,22 |
| MgO | 16,05 | 12,03 |
| CaO | 11,17 | 3,12 |
| Na ₂ O | 2,24 | 6,96 |
| K ₂ O | 0,19 | 1,12 |
| SO ₃ | 0,53 | 0,38 |

| | | |
|----------------|-------|-------|
| Kızdırma kaybı | 13,04 | 23,54 |
|----------------|-------|-------|

Tablo 2. Kolemanit ve üleksit konsantratör atıklarının elek analizi.

| Elek açıklığı (μm) | Kolemanit (%) | Üleksit (%) |
|------------------------------------|------------------|----------------|
| +600 | 0,00 | 0,00 |
| -600+300 | 0,23 | 0,19 |
| -300+150 | 1,37 | 1,20 |
| -150+125 | 1,38 | 1,33 |
| -125+100 | 2,49 | 2,08 |
| -100+63 | 8,13 | 8,04 |
| -63+45 | 6,58 | 6,72 |
| -45+32 | 5,74 | 5,55 |
| -32 | 74,08 | 74,89 |
| Toplam | 100,00 | 100,00 |

Tablo 3. Siyah boyar madde bileşimleri.

| Bileşenler (%) | | | | | | |
|----------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------------------|-----------|---------|
| | Cr ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CoO | MnO ₂ | Kolemanit | Üleksit |
| 1 | 16,67 | 25,93 | 27,78 | 11,11 | 18,52 | - |
| 2 | 14,06 | 21,88 | 23,44 | 9,37 | 31,25 | - |
| 3 | 16,67 | 25,93 | 27,78 | 11,11 | - | 18,52 |
| 4 | 14,06 | 21,88 | 23,44 | 9,37 | - | 31,25 |

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 1 ve Tablo 3 de verilen kimyasal analiz değerleri kullanılarak Seger formülasyonları¹⁹ oluşturulmuştur (Tablo 4). 1 ve 2 numaralı formülasyonlar kolemanit 3 ve 4 numaralı formülasyonlar üleksit atığı içermektedir.

Renk bünyenin yüzeyinden yansıyarak göze ulaşan ışığın bir fonksiyonudur. Renk duyusu, yansıyan ışığın içindeki baskın dalga boyu ve karışan diğer dalga boylarının büyüklüğü ile ilgilidir. Pişmiş seramik bünye yüzeyleri, üzerine düşen ışığın bir kısmını soğurur bir kısmını yansır. Nesne yüzeyi gelen beyaz ışığın tümünü yansıtıyorsa beyaz,

tümünü soğuruyorsa siyah görünür. Renk koordinatlarında, bu durum L (lightness) ile ifade edilir^{17,18,20,21}. Ticari siyah pigmentlerin L, a, b değerleri esas alındığında, üretilecek olan bir siyah pigmentin L <33, a <1 ve b <1 değerlerine sahip olması gerekmektedir². Bir hatta iki oksidin birlikte pişmiş sır üstü boyalarından siyah rengi vermesinin güç olduğu bilinir. Bu sebeple kobalt-demir-krom bileşimleri kullanılır. 1300°C de kızdırılan bu tür boyalar siyaha yakın lacivert renk verir. Tam bir siyah renk elde etmek için mangan oksit katkısından yararlanır⁶.

Tablo 4. Siyah boyar madde reçetelerinin Seger formülasyonları.

| 1 | | | | | |
|-------|-------------------|-------|--------------------------------|-------|-------------------------------|
| 0,01 | Na ₂ O | | | | |
| 0,01 | K ₂ O | 0,002 | Al ₂ O ₃ | 0,276 | SiO ₂ |
| 0,08 | CaO | 0,216 | Cr ₂ O ₃ | 0,102 | B ₂ O ₃ |
| 0,17 | MgO | 0,32 | Fe ₂ O ₃ | 0,252 | MnO ₂ |
| 0,73 | CoO | | | | |
| 2 | | | | | |
| 0,024 | Na ₂ O | | | | |
| 0,001 | K ₂ O | 0,003 | Al ₂ O ₃ | 0,435 | SiO ₂ |
| 0,133 | CaO | 0,17 | Cr ₂ O ₃ | 0,161 | B ₂ O ₃ |
| 0,267 | MgO | 0,253 | Fe ₂ O ₃ | 0,199 | MnO ₂ |
| 0,575 | CoO | | | | |
| 3 | | | | | |
| 0,056 | Na ₂ O | | | | |
| 0,006 | K ₂ O | 0,002 | Al ₂ O ₃ | 0,308 | SiO ₂ |
| 0,028 | CaO | 0,225 | Cr ₂ O ₃ | 0,109 | B ₂ O ₃ |
| 0,15 | MgO | 0,333 | Fe ₂ O ₃ | 0,262 | MnO ₂ |
| 0,76 | CoO | | | | |
| 4 | | | | | |
| 0,09 | Na ₂ O | | | | |
| 0,01 | K ₂ O | 0,004 | Al ₂ O ₃ | 0,497 | SiO ₂ |
| 0,045 | CaO | 0,182 | Cr ₂ O ₃ | 0,174 | B ₂ O ₃ |
| 0,243 | MgO | 0,268 | Fe ₂ O ₃ | 0,211 | MnO ₂ |
| 0,613 | CoO | | | | |

Tablo 5 Siyah renkli boyar maddelerin renk değerlerini, Şekil 1 renk grafiklerini ve Şekil 2 siyah renkli karoların 1000°C çekilmiş fotoğraflarını göstermektedir. Fotoğrafta 1 ve 2 numaralı karolar kolemanit içerikli, 3 ve 4 numaralı karolar üleksit içeriklidir.

Kolemanit içeren 1 ve 2 numaralı boyar maddeler daha evvel de

belirtildiği 1000°, 1100° ve 1150°C ler de kalsine edilmiştir. Tablo 5 ve

Şekil 1'ten görüldüğü gibi her üç değişik sıcaklıkta kalsine edilen

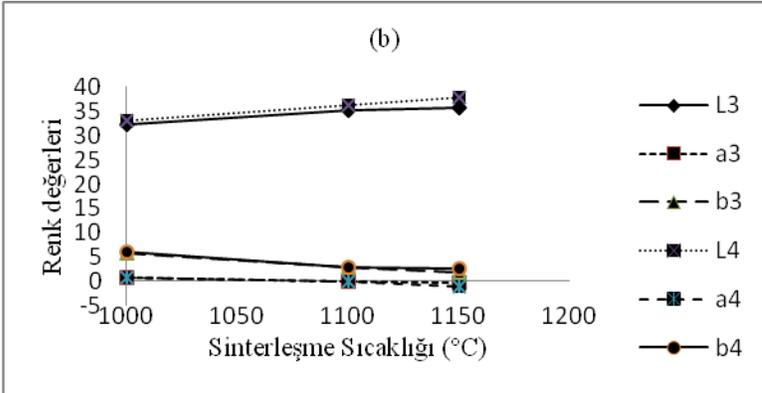
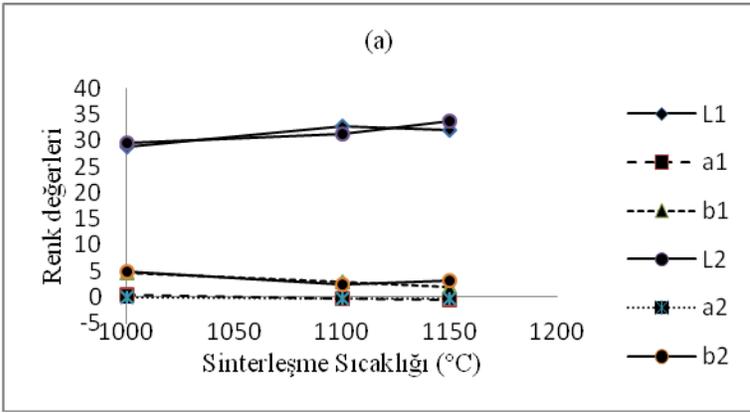
pigmentlerin renginin açıklık ve koyuluk bileşenini gösteren L değeri 33

değerinden düşüktür ve ticari boya standardına uygundur². Ayrıca kırmızı

ve yeşil bileşeni ifade eden a değerleri de tüm pişirme sıcaklıklarında

Tablo 5. Siyah boyar maddelerin renk değerleri.

| Sıcaklık (°C) | Reçete No: | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | |
|---------------|-------------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| | Renk değeri | L | a | b | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| 1000 | | 28,84 | 0,41 | 4,63 | 29,54 | -0,12 | 4,79 | 32,40 | 0,77 | 5,85 | 33,11 | 0,81 | 6,15 |
| 1100 | | 32,70 | -0,30 | 2,94 | 31,42 | -0,18 | 2,42 | 35,19 | -0,12 | 2,91 | 36,21 | 0,11 | 2,88 |
| 1150 | | 32,16 | -0,59 | 2,01 | 33,68 | -0,23 | 3,21 | 35,62 | -0,36 | 1,83 | 37,74 | -1,20 | 2,65 |



Şekil 1. Siyah boyar maddelerin renk grafikleri (a) kolemanit atığı (b) üleksit atığı içerenler.

standartlara uymaktadır². Fakat sarı ve mavi bileşeni ifade eden b

değerleri belirtilen standard'ın üzerinde değerler almıştır. Bu durumun CoO ten kaynaklandığı düşünülmektedir. Öte yandan üleksit içeren 3 numaralı boyar madde sadece 1000°C pişirme sıcaklığında L ve a bileşenleri açısından uygun değerler vermiş olup, b değeri yine standard



Şekil 2. 1000°C de pişirilen siyah renkli karolar.

değerden yüksektir. Üleksit katkısının daha fazla olduğu 4 numaralı boyar maddenin hiçbir renk bileşeni standartlara uygun değerler vermemiştir. Sonuç olarak 1300°C de elde edilebilen siyah rengin kolemanit atık katkısı ile kalsinasyon sıcaklığının 1000°C de mümkün olabildiği ancak CoO katkısının fazla olmasından dolayı b değerinin standartlara göre fazla olduğu tahmin edilmektedir. Şekil 2'deki fotoğraflardan da görüldüğü gibi, kolemanit katkılı siyah renkli karolar mat görünümlü, üleksit içerikli karolar ise parlak görünümlüdür.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Türkiyede ki kolemanit ve üleksit üretimi yapılan işletmelerde cevherin zenginleştirilmesi işlemleri sonucunda ortaya çıkan ve büyük tonajlarda işletmelerin çevresinde birikerek çevre için sorun yaratan konsantratör atıklarının siyah renkli boyar madde üretiminde kullanılarak kalsinasyon sıcaklığını düşürmek amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, 1000°, 1100° ve 1150°C ler de kalsine edilen kolemanit atığı içerikli boyar maddelerin L ve a değerlerinin standartlara uyduğu, fakat b değerlerinin uymadığı görülmüştür. Yine yukarıda belirtilen sıcaklıklarda kalsine edilen üleksit atığı içeren pigmentlerin ise sadece 1000°C pişirme sıcaklığında L ve a bileşenleri standartlara uygun değer vermiş olup, diğer sıcaklık ve kompozisyonlarda hiçbir renk koordinatı standart değerlere uygun çıkmamıştır. Kolemanit atıklı siyah renkli karolar mat, üleksit atıklılar ise parlak görünümlüdür. Atıkların pigment üretiminde kullanılabilmesi atık yönetimi ve çevresel açıdan katkı sağlayacaktır. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda üretilen bu boyar maddelerin kalsinasyon sıcaklığı düşürülerek pahalı enerji tüketimi açısından ekonomiye ve yine çevreye yarar sağlanacaktır. Üretilen boyar maddelerin bazılarının b renk koordinatlarının standartlara uygun olmaması daha fazla laboratuvar çalışması gerektirmektedir. Bu

çalışmanın devamı olarak tane iriliği dağılımı, pigment kompozisyonu, kalsinasyon sıcaklığı ve zamanı gibi parametrelerin detaylı irdelenerek b değerlerinin standart değerlerle uyumu araştırılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

1. Bondioli, F., Ferrari, A. M., Leonelli, C. and Manfredini, T. (2008). 98th Annual Meeting and the Ceramic Manufacturing Council's Workshop and Exposition: Materials & Equipment/Whitewares: Ceramic Engineering and Science Proceedings, Chromite as a pigment for fast-fired porcelain tiles (s.45–59). Ceramic Engineering Science Proceedings, The American Ceramic Society.
2. Tanışan, B., Turan S. (2010). Fe-Cr Siyah Seramik Pigment Üretiminde Ferrokrom Kullanımı. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23, 2, 53-65.
3. Manfredini, T., Bondioli, F. (2000). Inorganic Pigments, Ceramic Industry, 150, 2, 53-58.
4. Özel, E., Turan, S., Çoruh, S., Ergun, O.N. (2006). Production of brown and black pigments by using flotation waste from copper slag. Waste Management and Research., 24, 2, 125–133.
5. Eppler, R.A. and Eppler, D.R. (2000). Glazes and Glass Coatings. First Edition, American Ceramic Society, Westerville, USA.
6. Arcasoy, A. (1983). Seramik Teknolojisi. Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları, İstanbul, Türkiye.
7. Costa, G., Della, V.P., Ribeiro, M.J., Oliveira, A.P.N., Monros, G., Labrincha, J.A. (2008). Synthesis of black ceramic pigments from secondary raw materials. Dyes and Pigments, 77, 2, 137-144.
8. Marinova, Y., Hohemberger, J.M., Cordoncillo, E., Escribano, P., Carda, J.B. (2003). Study of solid solutions with perovskite structure for application in the field of the ceramic pigments. Journal of the European Ceramic Society, 23, 2, 213-220.
9. Yurdakul, H., Turan, S., Özel, E. (2011). The mechanism for the colour change of iron chromium black pigments in glazes through transmission electron microscopy techniques. Pigments and Dyes, 91, 2, 126-133.
10. Özel, E. and Turan, S. (2003). Production and characterisation of iron-chromium pigments and their interactions with transparent glazes. Journal of the European Ceramic Society, 23, 20, 97-104.
11. Eliziário, S.A., de Andrade, J.M., Lima, S.J.G., Paskocimas, C.A., Soledade, L.E.B., Hammer, P., Longo, E., Souza, A.G., Santos, I.M.G. (2011). Black and green pigments based on chromium–cobalt spinels, Materials Chemistry and Physics, 129, 619–624.
12. Shen, L., Qiao, Y., Guo, Y., Tan, J. (2010). Preparation of nanometer-sized black iron oxide pigment by recycling of blast furnace flue dust, Journal of Hazardous Materials, 177, 3 , 495-500.

13. Chen, Z., Du, Y., Li, Z., Sun, D., Zhu, C. (2015). Synthesis of black pigments containing chromium from leather sludge, *Ceramics International*, 41, 9455–9460.
14. Kartal, A. ve Gürtekin, H. (2001). Çeşitli bor hammaddelerinin sıran erime davranışlarına etkileri, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 18-19 Ekim 2001, 48-52, İzmir, Türkiye.
15. Pekkan, K., Karasu, B. (2010). Evaluation of borax solid wastes in production of frits suitable for fast single-fired wall tile opaque glass-ceramic glazes, *Bulletin of Materials Science*, 33, 2, 135-144.
16. Önal, G. and Burat, F. (2008). Boron mining and processing in Turkey, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 24, 49-60.
17. Hunter, R. S. and Harold, R. W. (1987). In “The Measurement of Appearance”, 2nd edition, John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.
18. HunterLab. “Hunter L, a, b Color Scale”, *Insight on Color*. (2008). 8, 9, downloaded from http://www.hunterlab.com/appnotes/an08_96a.pdf
19. Köseoğlu, K. ve Bayça S.U. (2008). Kolemanit ve üleksit atığı katkısı ile daha düşük sıcaklıkta mavi renkli sır üretimi, 7. Uluslararası Katılımlı Seramik Kongresi, 26-28 Kasım, 729-737, Afyonkarahisar, Türkiye.
20. Karaman S. (2006). Yapı Tuğlalarında Renk Oluşumu. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9, 1, 125-129.
21. Aras, A. (2002). Pişme Renginın Oluşumu ve Ölçümü, II. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildirileri Kitabı, Eskişehir Tepebaşı Belediyesi Yayını, 17-30 Haziran 2002, 19-24, Eskişehir, Türkiye.

SU KANALLARINDA ELEKTRİK ÜRETİMİ *ELECTRICITY PRODUCTION IN IRRIGATION CANAL*

Ender YILMAZ* Mustafa ATMACA Berkay ÇETİN*****

Özet: Dünyada enerji arz yetersizliği çok önemli bir konu olarak görülmektedir. Bu sebeple günümüzde enerji üretimi için çok çeşitli alternatif yollar denenmektedir. Tarımsal su kanallarından enerji üretimi son zamanlarda denenmekte olan bir uygulamadır. Hidrolik enerjiden elektrik enerjisi üretimi genel olarak barajlardan elde edildiği bilinmektedir. Bununla birlikte son senelerde yapılan uygulamalarda nehir tipi hidroelektrik santraller de yoğunluk kazanmıştır. Son yıllarda ise ilerleyen mühendislik teknolojileriyle beraber tarımsal su kanallarında suyun hızından çok kuvvetinden yararlanılarak türbinlerden enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, bu uygulamanın teknolojisi, ekonomisi ve teorisi hakkında bir literatür çalışması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Üretimi, Hidrolik Enerji, Türbin, Sulama Kanalları.

Abstract: Energy supply in the World have seen very important issues in recent years. Therefore, alternative ways have been studied for energy production. Energy production in irrigation channel is tried application nowadays. It's known that electrical energy production from hydraulic energy is obtained hydro-electric powerplant with dam. At the same time, in the applications made recent years run-of-the river type power plants gain considerable importance. Moreover, so far, with improving engineering technologies, energy production using force of flowing water more than its speed can be realized at various turbines. In this study, literature research of technology, theory and economics of this application is made.

Keywords: Electricity Production, Hydraulic Energy, Turbine, Irrigation Channels.

1. Giriş:

Dünyada hidroelektrik santraller elektrik enerjisi üretimi bakımından önemli bir yer tutmaktadır. Hidroelektrik santrallerden bahsedildiğinde ilk olarak akla barajlı hidroelektrik santraller gelmektedir. Ancak son senelerde nehir tipi hidroelektrik santrallerin yapımında da büyük artış sağlanmıştır. Nehir tipi santrallere benzer uygulamada ama görece yüksek düşü ve su akışına sahip olmayan sulama kanallarında da gelişen türbin teknolojisiyle beraber elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu yapılar su

* Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi

** Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

*** Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği (Türkçe) Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi

gücünden elektrik enerjisi elde etmek bakımından önemli projeler haline gelmiştir [1].

Bu tarz yapılarda kullanılan mikro hidroelektrik santraller ekolojik olarak çevreye zararsız, fiyat-güç üretim performansı açısından ise oldukça makul seviyelerdedir. Ayrıca bu santraller çalışırken sera gazları salınımı yapmaz ve çevreye zararlı kirleticiler üretmez [2]. Bu tarz hidroelektrik santraller ilk yatırım maliyeti, çalışma maliyeti ve enerjinin güvenilirliği gibi birçok konuda avantaja sahiptir ve bu tarz hidroelektrik santraller, enerjide kendi kendine yeterliliğe ulaşmada birçok ülkenin önceliği haline gelmiştir [3].

2. Dünya’da ve Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin Durumu

Dünya’da Hidroelektrik Enerji, enerji kaynakları arasında önemli bir yer tutmaktadır. Rüzgâr, Güneş gibi yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarındaki ilerlemeler olmasına ve nükleer ve diğer fosil yakıtlardan önemli miktarlarda enerji elde edilmesine rağmen hidroelektrik enerji santrallerinden elektrik enerjisi üretimi ve bu santrallerin projelendirilmesi devam etmektedir. Tablo 1’de gösterildiği gibi 2004 yılında Dünya genelinde ekonomik olarak değerlendirilebilir potansiyelin yarısına bile henüz ulaşamamışken, Tablo 2’de Türkiye örneğinde görüldüğü üzere gelişen teknolojiyle beraber, diğer enerji üretim teknolojilerinde olduğu gibi, yıldan yıla ekonomik yapılabilir potansiyelin giderek arttığı görülmektedir.

Tablo 1. Dünya Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve 2004 Yılı Gelişme Durumu [4]

| | Brüt Teorik HES Potansiyeli (GWh/yıl) | Teknik Yapılabilir HES Potansiyeli (GWh/yıl) | Ekonomik Yapılabilir HES Potansiyeli (GWh/yıl) | İşletmede | | İnş.Halinde(MW) | Planlama Aşamasında (MW) | Teknik Potansiyelin Kullanım Oranı % |
|--|---------------------------------------|--|--|-----------------|-----------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | | | | Kurulu Güç (MW) | Ort. Üretim (GWh/yıl) | | | |
| AFRIKA | ~ 4 000 000 | ~ 1 750 000 | ~ 1 100 000 | ~ 21 314 | ~ 85 300 | > 2914 | ~ 72 306 | 4.8 |
| ASYA (Rusya Fed. ve | ~ 19 400 000 | ~ 6 800 000 | ~ 3 600 000 | ~ 246 100 | ~ 831 630 | > 91 979 | > 143 920 | 12.23 |
| AVUSTRALYA OKYANUSYA | ~ 594 000 | ~ 200 000 | ~ 90 000 | ~ 12 788 | ~ 45 140 | > 184 | > 150. | 22.57 |
| AVRUPA (Rusya Fed. ve Türkiye hariç) | > 3 200 000 | ~ 1 140 000 | ~ 790 000 | ~ 177 350 | ~ 551 700 | > 2770 | > 11 600 | 48.39 |
| KUZUY VE ORTA AMERİKA | ~ 7 200 000 | ~ 1 663 000 | ~ 1 000 000 | ~ 160 940 | ~ 695 800 | > 3368 | > 17 342 | 41.84 |
| GÜNEY AMERİKA | ~ 6 200 000 | ~ 2 815 000 | ~ 1 600 000 | ~ 118 950 | ~ 557 700 | > 16 682 | > 57 177 | 19.81 |
| TOPLAM | ~ 41 000 000 | ~ 14 368 000 | ~ 8 181 000 | ~ 737 400 | ~ 2 767 000 | > 100 758 | ~ 300 000 | 19.25 |
| TÜRKİYE | 433 000 | 216 000 | 128 000 | 12 554 | 44 155 | 3 099 | 21 297 | 20.00 |
| DÜNYA TOPLAMINA | % 1,06 | %1,50 | %1,56 | %1,73 | %1,6 | %3,19 | %6,04 | - |

Tablo 2. Türkiye’de Hidroelektrik Enerji’nin sırasıyla 2004 ve 2016 yıllarındaki durumu [4,5]



3. Su Kanallarında Elektrik Üretimi

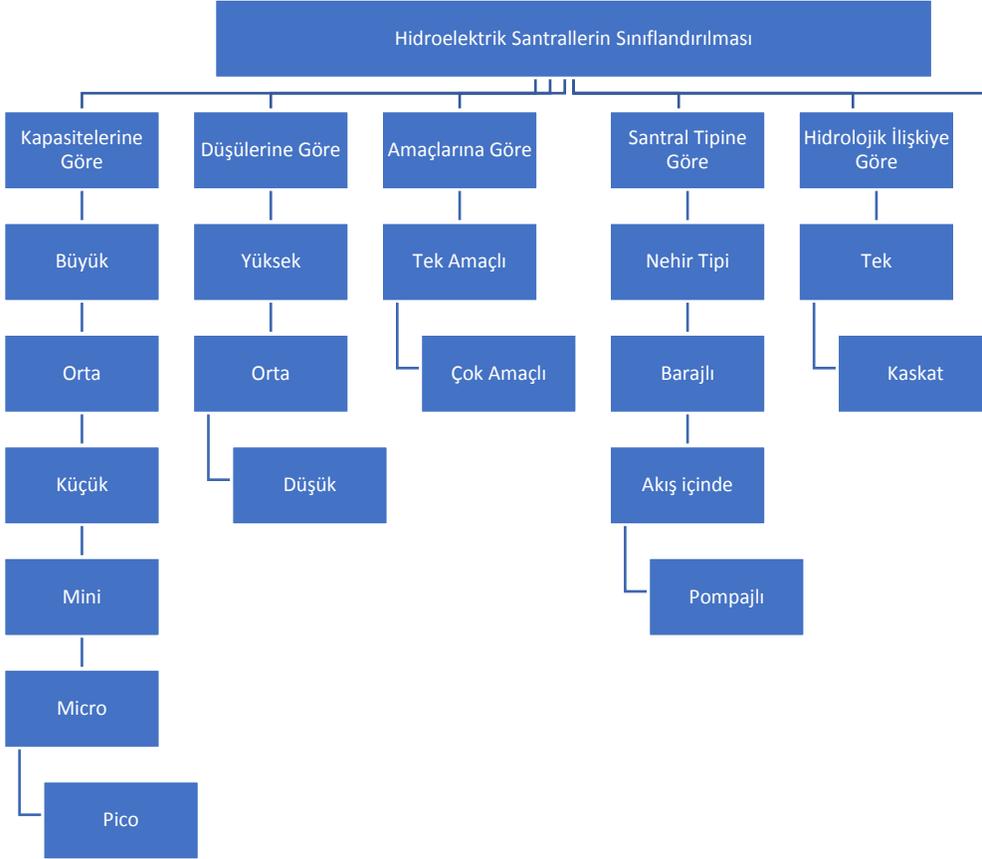
Su kanallarında elektrik üretimi, dünyada enerji yoğunluğu yüksek ülkelerde, örneğin Amerika Birleşik Devletleri’nde kullanılmayan potansiyeli değerlendirme (Capturing Untapped Potential) olarak görülmektedir. Amerika’nın Oregon eyaleti gibi sulama kanallarının yoğun olduğu eyaletlerde kanallarda elektrik üretimi yenilenebilir enerji kaynakları hedeflerini tutturmada önemli bir rol oynamaktadır [6].

Sulama kanalları ağı Hindistan’da da önemli bir yere sahiptir. Hindistan’da küçük hidroelektrik santrallerin eyaletlerdeki toplam kapasitesine baktığımızda sulama kanallarında elektrik elde etmenin bir türü olan düşü temelli hidroelektrik santrallerin önemli bir paya sahip oldukları görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Hindistan’ da Eyaletlere göre Küçük Hidroelektrik Santraller Çeşitleri ve Kapasitesi[7]

| E.No. | Eyalet Adı | Nehir Tipi | | Baraj Uçlu | | Kanal Düşü Temelli | | Toplam | |
|--------|-------------------|------------|----------|------------|---------|--------------------|---------|--------|----------|
| | | No. | MW | No. | MW | No. | MW | No. | MW |
| 1 | Andhra Pradesh | 1 | 0.2 | 15 | 88.95 | 437 | 422.51 | 453 | 511.57 |
| 2 | Arunachal Pradesh | 800 | 2064.91 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 800 | 2064.92 |
| 3 | Assam | 103 | 196.99 | 0 | 0.00 | 3 | 5.00 | 106 | 201.99 |
| 4 | Bihar | 2 | 0.42 | 5 | 7.50 | 132 | 519.06 | 139 | 526.98 |
| 5 | Chhattisgarh | 130 | 892.91 | 36 | 89.72 | 33 | 115.57 | 199 | 1098.20 |
| 6 | Goa | 0 | 0.00 | 7 | 4.70 | 0 | 0.00 | 7 | 4.70 |
| 7 | Gujrat | 21 | 42.55 | 3 | 18.00 | 268 | 141.42 | 292 | 201.97 |
| 8 | Haryana | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 33 | 107.40 | 33 | 107.40 |
| 9 | Himachal Pradesh | 1049 | 3460.34 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 1049 | 3460.34 |
| 10 | Jammu & Kashmir | 387 | 1779.49 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 387 | 1779.49 |
| 11 | Jharkhand | 76 | 89.20 | 1 | 1.00 | 44 | 137.76 | 121 | 227.96 |
| 12 | Karnataka | 387 | 2667.41 | 17 | 122.50 | 214 | 936.59 | 618 | 3726.49 |
| 13 | Kerala | 209 | 431.42 | 17 | 152.13 | 12 | 63.60 | 238 | 647.15 |
| 14 | Madhya Pradesh | 112 | 302.53 | 109 | 405.20 | 78 | 112.72 | 299 | 820.44 |
| 15 | Maharashtra | 94 | 252.02 | 44 | 277.43 | 132 | 257.01 | 270 | 786.46 |
| 16 | Manipur | 110 | 99.95 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 110 | 99.95 |
| 17 | Meghalaya | 97 | 230.05 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 97 | 230.05 |
| 18 | Mizoram | 71 | 160.90 | 1 | 8.00 | 0 | 0.00 | 72 | 168.90 |
| 19 | Nagaland | 92 | 115.18 | 6 | 67.00 | 0 | 0.00 | 98 | 182.18 |
| 20 | Orissa | 63 | 84.54 | 9 | 36.31 | 148 | 165.37 | 220 | 286.22 |
| 21 | Punjab | 38 | 56.90 | 11 | 0.51 | 326 | 520.87 | 375 | 578.28 |
| 22 | Rajasthan | 0 | 0.00 | 9 | 4.87 | 55 | 46.80 | 64 | 51.67 |
| 23 | Sikkim | 88 | 266.64 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 88 | 266.64 |
| 24 | Tamil Nadu | 101 | 438.90 | 37 | 125.00 | 53 | 40.56 | 191 | 604.46 |
| 25 | Tripura | 6 | 38.01 | 2 | 5.50 | 5 | 3.35 | 13 | 46.86 |
| 26 | A & N Islands | 7 | 7.27 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 7 | 7.27 |
| 27 | Uttar Pradesh | 2 | 3.05 | 30 | 142.23 | 220 | 316.97 | 251 | 460.75 |
| 28 | Uttarakhand | 434 | 1655.31 | 0 | 0.00 | 8 | 9.01 | 442 | 1664.31 |
| 29 | West Bengal | 95 | 272.04 | 5 | 1.62 | 79 | 118.41 | 179 | 392.06 |
| Toplam | | 4575 | 15609.11 | 364 | 1558.16 | 2281 | 4040.14 | 7218 | 21205.63 |

Sulama kanalından elektrik enerjisi üretimi gerçekleştiren hidroelektrik santraller kapasitelerine göre küçük, mini, mikro ve piko olabilmektedir (Tablo 4). Kanal-Düşü temelli hidroelektrik santrallerde düşü seviyesi düşük olarak değerlendirilebilir. Su kanallarında kurulan hidroelektrik santrallerin yegâne amacı elektrik üretmektir. Bu santraller yapı olarak barajlı, nehir tipi ve pompajlı hidroelektrik santrallere benzemezler, bu santraller direk akış halindeki sudan elektrik üretimi gerçekleştirirler. Diğer hidroelektrik santrallerin kullanım amacından farklı olarak, bu hidroelektrik santraller şebekeye bağlı olarak çalışabildiği gibi, şebekeden bağımsız olarak elektrik nakil hatlarından uzak bölgelerin elektrik ihtiyaçlarını karşılamada da düşük maliyetli bir alternatif olarak görülebilir.

Tablo 4. Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması [7]

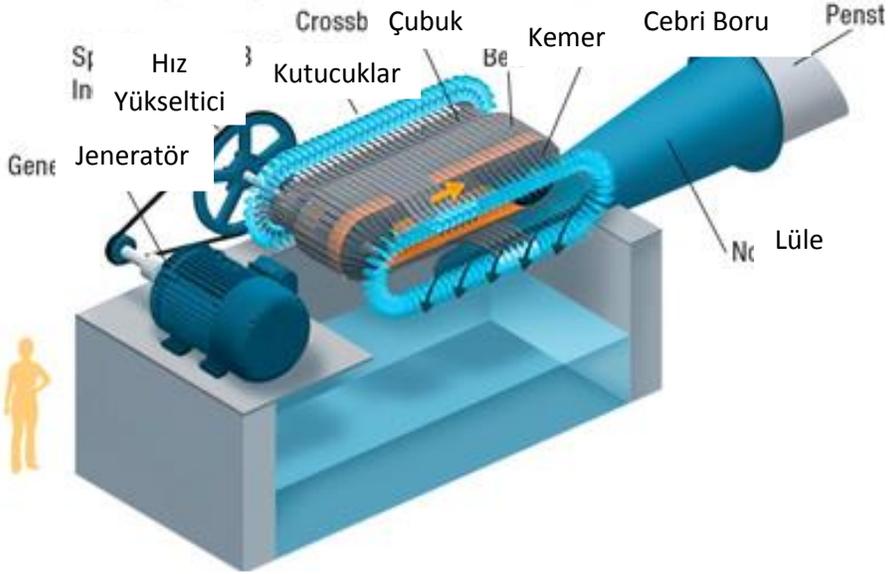
4.Su Kanallarında Elektrik Üretim Yolları

a. Kanaldan Su Düşürme Temelli (Canal Fall-Based)

Bu üretim yolunda topoğrafik yapının verdiği imkân doğrultusunda kanalla türbin arasına belli bir düşü verilir. Suyun kanaldan ayrıldığı noktada bulunan birbirine entegre beton sistemden oluşan su ayırma sistemi, suyu ucu türbine açılan bir cebri boruya yönlendirmektedir. Boyutları hem kanalın hem de ayırma sisteminin boyutlarına bağlı olan ve direk türbine açılan bu yapıdan çıkan su, Şekil 1’de de görüldüğü üzere cebri borunun ucundaki kanatçıklara çarparak sistemin dönmesini sağlar. Bu dönüşün sağladığı kinetik enerji jeneratörde elektrik enerjisine çevrilir [8].

Bu yolla elektrik üretimi gerçekleştirilen bir proje olan Amerika’nın Oregon Eyaleti kuzey sulama bölgesinde ana sulama kanalından 3.65

metreden düşürülen suya Natel Energy firması tarafından üretilen 3-20 metre düşü yüksekliği ve $15 \text{ m}^3/\text{h}$ düşük debilerde çalışabilen 1SLH100 türbini yerleştirilmiştir. Ünitenin kurulu gücü 250 kW, kapasite faktörü %43, tahmini yıllık elektrik üretimi ise 1000 mWh'tir. 2015 yıl<ında işleme alınan ve kurulum maliyeti 5 ¢/kWh olan ünitenin yıl içerisinde nisandan ekim ayına kadar süren sulama zamanında çalışmaktadır.



Şekil 1. Natel Energy Firması Tarafından Üretilen 1SLH100 Türbini [9]

Bu bir alçak-düşü (low-head), cebri borulu (in-conduit) hidrolik güç santralidir. Bu tip santraller Oregon eyaletinin yenilenebilir hedeflerini gerçekleştirmesinde önemli yer tutmaktadır. Bu tip santrallerin çevreye zararlı etkileri azdır. Var olan kanal yapısına monte edilebilen bu santraller maliyet açısından da hesaplıdır.

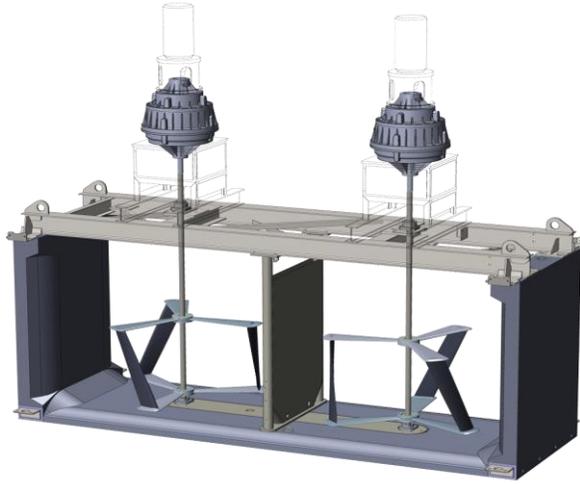
Kanaldan su düşürmeli santraller için yer seçimi yapılırken, su kanalında verilebilecek düşü yüksekliği, kanaldaki akış hızı, santralin dağıtım hatlarına yakınlığı ve santralin bulunduğu yerdeki arazinin mülk durumu önemlidir [9,10].

b. Kanal Akışı Temelli (Direct Canal Flow-Based)

Geleneksel hidrolik gücün gereksinim duyduğu potansiyel enerji ve gerekli su basıncının aksine bu teknoloji kanal boyunca akan suyun kinetik enerjisini yani bir başka deyişle akan hacmin hızını kullanır. Bu türbinler denizaltına yerleştirilmiş rüzgâr türbinlerine benzerler, kasaya giren su akışı Şekil 2'de görülen ikiz türbinlerin dönmesine ve shaft üzerinde tork kuvveti oluşmasına neden olur. Bu mekanik enerji önce yüksek dönme hızına ulaşmak için dişli kutusuna sonra elektrik

jeneratörüne aktarılır. Türbinleri çevreleyen beton kasalar su akışını türbinlere doğru en doğru şekilde yönlendirirken bütün sistem için sağlam bir yapı dolayısıyla bir denge sağlar. Ayrıca bu sistemde türbin çarkları düşük hızlarda çalıştığı için sistem ve dişlinin çevreye zararlı geleneksel yağlarla yağlanmasına gerek kalmaz.

Colorado Denver Golden'daki Güney Boulder bölgesinde bu tür türbinlerin kullanıldığı bir projeye baktığımızda, bu tür sistemler sığ ve oldukça yavaş hareket eden sulara bile çalışabilmektedir. Bu projede dokuz mil uzunluğundaki kanala toplam maliyeti 330,000 dolar olan 10 türbin yerleştirilmiştir. Bu türbinler devamlı çalışmada 80 MWh elektrik enerjisi üretebilir. Bu da yaklaşık yedi tane Amerikan evinin senelik elektrik harcamasına eşit olmaktadır [11].



Şekil 2. Emery Firması Tarafından Üretilen direk kanal akışından elektrik üreten bir türbin jeneratör sistemi [11]

Farklı bir kanal tip santral uygulaması da SMART Sulama Kanalı Projesi adıyla Neiva, Kolombiya'da yapılmıştır. Neiva Kolombiya'da pirinç üretiminin yoğun olarak yapıldığı bir tarım bölgesidir. Pirinç devamlı sulama isteyen bir tarım ürünüdür ama bu sulama için sulama pompalarına ihtiyacı olan Neivadaki tarlalar bu kanalları pompaları çalıştırmak için ihtiyaç duyduğu elektriği sağlayabilecek bir elektrik şebekesine bağlı değildir. Bu şebeke sulama pompalarının tahriki 110 kW'lık dizel jeneratörlerle gerçekleştirilmektedir. Ama dizelin litre fiyatının pahalı olması ve emisyonlarının çevreye zararlı olması bu sistemi dezavantajlı konuma getirmektedir. Bu uygulamada Şekil 3'de görülen SMART Duofloat Türbini dizel jeneratörün yerine doğrudan sulama pompasını tahrik etmek için hizmete sokuldu. Pompadaki su

hızının 1.7 m/s olması yıllık ortalama üretimin 1.1 kW a karşılık geldiğini bir diğer deyişle saatte 36 m³ suyun pompalandığını gösterir. Direk bağlantının olduğu bu sistem, akü kullanımını gereksinimini elimine eder. Sonuç olarak, türbine bağlı bu pompa 1,000 m³ suyu, dizel jeneratöre bağlı pompanın pompaladığı fiyatın yüzde 30' u kadarına yapmıştır. Bu projenin kendini amorti süresi ise beş yıldan azdır [12].



Şekil 3. SMART Duofloat Türbini [12]

5.SONUÇLAR

Küçük debilerdeki su akışından bile elektrik üretebilen ve elektriğe ihtiyacı olan bölgelere elektrik sağlayabilen bu enerji kaynağının verimliliği kabul edilebilir seviyededir. Bu sistemlerde kanallarda akış oldukça elektrik üretiminde devamlılık sağlanabilir. Barajlarda açığa çıkan kimyasal bileşikler, özellikle büyük barajlarda çevreye zararlı olabilmektedir. Ama sulama kanallarında elektrik üretimi esnasında böyle bir sorunla karşılaşılmaz. Kurulum yapılacak yere ve bölgenin elektrik ihtiyacına bağlı olarak kurulum ücretleri 2000 ve 30000 dolar değişebilen bu sistemlerde bakım maliyetleri de konvansiyonel hidroelektrik santrallere göre daha ucuzdur. Az miktarda bir sermayeyle özellikle küçük köy ve yerleşim yerlerinin elektrik ihtiyacı rahatlıkla karşılanabilir [1,10,13,14].

Sulama kanallarından elektrik üretiminin dezavantajlarından bahsedilirse düşü yüksekliği, debi ve istenilen güç üretimi gibi büyüklükleri saptarken uygun bölge seçimi önemlidir. Akışın hızı ve debisinin değiştirilmesi daha fazla elektrik ihtiyacı söz konusu olduğunda mümkün olmayacaktır. Sulama kanallarında yılın bazı aylarında su akışı azalacağından yıllık enerji planlaması yapılırken bu hususun göz önünde bulundurulması da bir zorunluluktur [1,10,13,14].

Genel olarak bakıldığında son zamanlarda yapılan çalışma ve uygulamalar sulama kanallarında elektrik üretiminin temiz, güvenilir ve verimli bir enerji yönetimi olduğunu işaret etmektedir.

KAYNAKÇA

1. Tatsuki U. vd. (2013). Review- Perspectives of Small-Scale Hydropower Generation Using Irrigation in Japan. The Japan Agricultural Research Quarterly, 47(2), 135-140.
2. Usama M., Habib S., Hussain H. (2015). Power generation from canal system using adjustable Twisted Blade Turbine. International Conference on Emerging Technologies (ICET), 19-20 Ara. 2015 içinde, (S. 1-4), Peshawar, PAKİSTAN.
3. Botto A. (2010). Regional-scale assessment of energy potential from hydrokinetic turbines used in irrigation channels. SEEP2010 Conference Proceedings. 29 Haziran – 2 Temmuz içinde, Bari, İTALYA.
4. Tutuş A. (2005). Barajlar ve Hidroelektrik Santraller. III. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI SEMPOZYUMU. 19-21 Ekim 2015 içinde, Mersin, Türkiye.
5. Veriler. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik> adresinden erişildi. (E.T: 01.04.2018)
6. Hadjerioua B. vd. (2016). Small Hydropower Development on Irrigation Canals in the United States: The 45- Mile Hydropower Project 3MW Project Performance and Lessons Learned- Full Story. Hydro Vision International. Temmuz 2016 içinde, Minneapolis, ABD.
7. Kamal M. (2017). Scenario of Small Hydro Power Projects in India and Its Environmental Aspect, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Volume: 04 Issue: 10.
8. Exploring the Viability of Low Head Hydro in Colorado's Existing Irrigation Infrastructure Final Report (2011)-Applegate Group, Denver.
9. Sulama kanallarında yararlanılmayan küçük hidrolik-güç potansiyelinin değerlendirilmesi. <https://www.hydroworld.com/articles> sitesinden erişildi. (E.T: 01.04.2018)
10. Koko, S.P., 2014. Techno-economic analysis of an off-grid micro-hydrokinetic river system as a remote rural electrification option. Tez. Central University of Technology, Free State, Bloemfontein, Güney Afrika.
11. Ezber bozan enerji-Su kanallarındaki hidroelektrik santraller. <https://denverwatertap.org> sitesinden erişildi. (ET: 04.04.2018)
12. Dünya genelinde şebekeye bağlı olmayan kırsal kesimlerin elektrikleştirilmesi. <https://www.smart-hydro.de/> Project sitesinden erişildi. (ET: 03.04.2018)

13. Ramos HE, Almeida AB (1999). Small hydropower schemes as an important renewable energy source, Publicacao com Referee International, Hidroenergia 99, Viyana, Avusturya.

14. Sulama kanallarındaki mini hidroelektrik santrallerin avantajları dezavantajları makale <https://www.turbulent.be> sitesinden erişildi. (ET: 05.04.2018)

DÖRT YÖNLÜ ORTALAMA SÜZGEÇTE MASKE BOYUTUNUN ETKİSİ

Effect of Mask Size on Four Directional Average Filter

Pelin ALTINIŞIK & Erhan ERGÜN

Öz: Dört yönlü ortalama süzgeç (DYOS), daha önce sunulmuş bir çalışmadır. DYOS, süzgeçlemede 3x3 boyutlu maske kullanmaktadır. Bu çalışmada ise maske boyutunun artırılmasının DYOS' in verimliliğine etkisi incelenmektedir. DYOS' te 5x5 boyutlu maske kullanıldığında DYOS5 olarak adlandırılmaktadır. Deneylerde, Lena görüntüsüne ilişkin 5x5 boyutlu görüntü parçası kullanılmaktadır. Gürültü yoğunluğu, %16, %32, %48, %64, %72, %80 ve %88 olarak değişmektedir. Karşılaştırma süzgeçleri; ortanca süzgeç (OS), 5x5 boyutlu maske ile süzgeçleme yapan ortanca süzgeç (OS5) ve DYOS' tir. Elde edilen karşılaştırma sonuçlarına göre; gürültü yoğunluğu arttıkça, 5x5 boyutlu maske kullanmak verimliliği yükseltmektedir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Tuz ve Biber Gürültüsü, Süzgeç Maskesi

Abstract: Four directional average filter (FDAF) is a study presented earlier. It uses a 3x3 mask in the filtering. In this study, the effect of increasing the mask size on the productivity of FDAF is examined. When a 5x5 mask is used for FDAF, it is called FDAF5. In the experiments, a 5x5 image segment of Lena image is used. The noise intensity varies by 16%, 32%, 48%, 64%, 72%, 80% and 88%. Comparison filters; median filter (MF), median filter (MF5) filtering with 5x5 mask and FDAF. According to the comparison results, as the noise density increases, the use of 5x5 mask increases the productivity.

Keywords: *Image Processing, Salt and Pepper Noise, Filter Mask*

1. Giriş

Gürültü, sayısal bilgilerin elde edilmesi aşamasında ortamdan, aletlerden ve kişilerden kaynaklanan, işareti bozucu etkilerdir. Gürültü; görüntüyü elde ederken, kopyalarken, tarayıcıdan geçirirken, iletirken, depolarken oluşabilmektedir. Örneğin; görüntü elde edilirken, algılayıcı merceğindeki toz, gürültü oluşturabilmektedir. Eğer; görüntü, bir fotoğraftan taranıyorsa resimdeki bir zarar, gürültü oluşturabilmektedir veya tarayıcının kendisi gürültü oluşturabilmektedir [1].

Tuz ve biber gürültüsü, görüntü algılayıcısındaki piksel elemanları normal çalışmadığında, kuvvetli elektromanyetik alan oluştuğunda veya veri iletiminde hatalar oluştuğunda meydana gelmektedir. Gürültülü piksel, tuz ve biber görünümü olup en büyük ve en küçük gri seviye değerlerini almaktadır. Pikselleri 8 bite temsil edilen bir görüntü için

biber gürültüsünün gri seviye değeri 0, tuz gürültüsünün gri seviye değeri 255'tir.

Görüntülerdeki tuz ve biber gürültüsünü gidermede, klasik yöntem olarak, ortanca süzgeç (OS) kullanılmaktadır. OS, süzgeç çıkışı olarak süzgeç maskesinin ortanca değerini kullanmaktadır. Maske; 3x3, 5x5, 7x7 vb. boyutlarda olabilmektedir. Ortanca değer, maskenin küçükten büyüğe doğru sıralanmış piksel değerlerinin ortasında yer alan değerdir. Maskenin merkez piksel değeri, ortanca değerle yer değiştirilmektedir.

OS, tuz ve biber gürültüsü için etkili bir yöntemdir. Aynı zamanda kullanışlıdır ve uygulama açısından basittir. %20' ye kadar olan gürültü yoğunluklarında olumlu sonuçlar vermektedir. Ancak, %20 ve üzeri gürültü yoğunluğuna sahip görüntülere uygulandığında, gürültü tamamen yok olmamaktadır [2]. Bu şartlarda çözüm sağlayacak yöntem, dört yönlü ortalama süzgeç (DYOS) olarak belirlenmektedir. DYOS, tüm gürültü yoğunluklarında OS' e göre verimli sonuçlar vermektedir. OS' te sorun oluşturan %20' lik gürültü yoğunluğu seviyesi, DYOS' te yaklaşık %50' ye çıkmaktadır. Gürültülü Lena ve Kameraman görüntülerine ilişkin görsel ve nicel deney sonuçları bu durumu doğrulamaktadır [3].

Bu çalışmada, DYOS' te kullanılan 3x3 ve 5x5' lik pencere boyutlarının, süzgeçlemeye etkisi incelenmektedir. Bu etki süzgeçlenmiş görüntüde gürültünün tamamen kaldırılıp kaldırılmadığına ilişkindir. OS için de yapılan benzer karşılaştırmalar çalışmada yer almaktadır. Böylece, görüntüdeki gürültü arttıkça bu iki süzgeç için izlenmesi gereken yol belirlenmektedir. Yapılan deneyler sonrasında elde edilen hata değerleri incelenmektedir.

Süzgeç başarımlarını nicel olarak değerlendirmek için Denklem 1 ile verilen ortalama karesel hata (OKH) ölçütünden yararlanılmaktadır. I ve J, görüntüdeki satır ve sütun sayılarıdır. $i=1,2,\dots,I$, $j=1,2,\dots,J$ olmak üzere $y[i,j]$ ve $\hat{y}[i,j]$, sırasıyla asıl görüntü matrisi ve süzgeçleme sonucu oluşan görüntü matrisindeki piksel değerleridir [4].

$$OKH = \frac{1}{IJ} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (y[i,j] - \hat{y}[i,j])^2 \quad (1)$$

2. Dört Yönlü Ortalama Süzgeç

DYOS, görüntüyü oluşturan alt-görüntülerdeki piksel değerleri arasında tutarlılık olduğu düşünülerek geliştirilmiştir. Her bir pikselin yatay, düşey ve köşegen komşularının (0 ve 255 hariç) gri seviye değerlerinin yerel ortalamalarıyla elde edilen genel ortalama, gürültülü pikselin yeni değeridir.

Alt-görüntülerdeki piksel değerleri arasındaki sayısal yakınlıktan ve gürültülü (0 ve 255 değerli) piksellerin süzgeç algoritmasına katılmamasından dolayı; gürültü pikselinin yeni değeri, daha az hatalı ve gürültüden fazla etkilenmeden hesaplanabilmektedir. Böylece, önerilen DYOS' in başarımları yüksek olmaktadır.

$W(x,y)$, merkezi (x,y) koordinatlı $(2k+1) \times (2k+1)$ boyutlu kare bir pencere ve $q(x,y)$, penceredeki pikseller olsun. Görüntü üzerinde kaydırılan bu pencerenin dört alt-penceresi, $W_1(x,y)$, $W_2(x,y)$, $W_3(x,y)$ ve $W_4(x,y)$ 'dir. Her bir alt-penceredeki pikseller (merkez piksel hariç); Denklem 2, Denklem 3, Denklem 4 ve Denklem 5 ile ifade edilmektedir.

$$W_1(x,y) = q(x,y+j), \quad (2)$$

$$W_2(x,y) = q(x+j,y+j), \quad (3)$$

$$W_3(x,y) = q(x+j,y), \quad (4)$$

$$W_4(x,y) = q(x+j,y-j), \quad -k \leq j \leq k, j \neq 0 \quad (5)$$

DYOS çıkışı $y(i,j)$, Denklem 6 ile verilmektedir.

$$y(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_j W_m(x, y)}{\sum_{m=1}^M a_m} \quad -k \leq j \leq k, j \neq 0 \quad (6)$$

$W_m(x,y)$, alt-penceredeki piksellerdir. a_m , her bir alt-penceredeki görüntü olmayan piksellerin sayısıdır. M , en az bir tane sağlam piksele sahip alt-pencere sayısıdır.

3. Bulgular

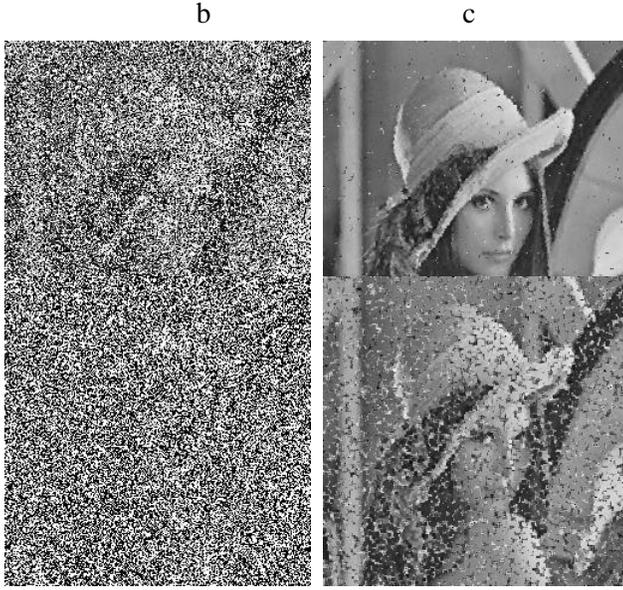
Lena görüntüsünden elde edilen 5×5 boyutlu görüntü parçasına %16, %32, %48, %64, %72, %80 ve %88 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmektedir. DYOS5 ile nicel olarak karşılaştırmada kullanılan süzgeçler; OS, OS5 ve DYOS' tir.

Şekil 1' de; Lena test görüntüsü ve %16, %64, %88 oranında tuz ve biber gürültüsü içeren Lena görüntüleri yer almaktadır. Ayrıca, söz edilen gürültülü görüntülerin DYOS ile süzgeçlendikten sonra elde edilen görüntüleri yer almaktadır.



a





Şekil. 1. a) Lena görüntüsü b) %16 tuz ve biber gürültülü görüntü c) DYOS sonucu d) %64 tuz ve biber gürültülü görüntü e) DYOS sonucu f) %88 tuz ve biber gürültülü görüntü g) DYOS sonucu.

Şekil 2' de 5x5 boyutlu Lena test görüntü parçası ve buna %16, %64, %88 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenerek bozulmuş Lena görüntü parçaları görülmektedir. Ayrıca, bu üç tane gürültülü görüntüye uygulanan DYOS5 yöntemiyle elde edilen görüntü parçaları yer almaktadır.

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 58 | 60 | 62 | 63 | 62 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | 61 | 62 | 62 | 61 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | 61 | 62 | 62 | 60 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 59 | 59 | 60 | 60 | 59 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 56 | 56 | 57 | 58 | 58 |

a

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 58 | 60 | 62 | 63 | 62 |
| 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | 55 | 62 | 62 | 61 |
| 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |

| | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 60 | 61 | 55 | 62 | 60 |
| ¹ 59 | ¹ 59 | 0 | ¹ 60 | ¹ 59 |
| 0 | ¹ 56 | ¹ 57 | ¹ 58 | ¹ 58 |

b

| | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ¹ 59 | ¹ 60 | ¹ 61 | ¹ 62 | ¹ 62 |
| ¹ 60 | ¹ 60 | ¹ 61 | ¹ 61 | ¹ 61 |
| ¹ 60 | ¹ 60 | ¹ 60 | ¹ 60 | ¹ 60 |
| ¹ 60 | ¹ 59 | ¹ 59 | ¹ 59 | ¹ 59 |
| ¹ 58 | ¹ 59 | ¹ 58 | ¹ 58 | ¹ 58 |

c

| | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ¹ 58 | 0 | ¹ 62 | ¹ 63 | ¹ 62 |
| ² 55 | ² 55 | ² 55 | ¹ 62 | 0 |
| ¹ 60 | 0 | ² 55 | 0 | ² 55 |
| 0 | ¹ 59 | 0 | 0 | ² 55 |
| ¹ 56 | ² 55 | 0 | ² 55 | ¹ 58 |

d

| | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ¹ 59 | ¹ 60 | ¹ 61 | ¹ 62 | ¹ 62 |
| ¹ 59 | ¹ 60 | ¹ 61 | ¹ 62 | ¹ 62 |
| ¹ 59 | ¹ 59 | ¹ 60 | ¹ 61 | ¹ 61 |
| ¹ 58 | ¹ 59 | ¹ 58 | ¹ 60 | ¹ 58 |
| ¹ 58 | ¹ 58 | ¹ 57 | ¹ 58 | ¹ 58 |

e

| | | | | |
|---|---|--------------------|---|--------------------|
| 0 | 0 | ² 55 | 0 | ² 55 |
|---|---|--------------------|---|--------------------|

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 2 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 55 | 0 | 55 | 62 | 0 |
| 1 | 0 | 2 | 2 | 2 |
| 60 | 0 | 55 | 55 | 55 |
| 0 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 55 | 0 | 0 | 59 |
| 2 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| 55 | 55 | 0 | 55 | 0 |

f

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | 60 | 61 | 62 | 62 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | 61 | 61 | 59 | 60 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | 60 | 61 | 61 | 60 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | 61 | 59 | 61 | 59 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | 60 | 60 | 59 | 59 |

g

Şekil. 2. a) 5x5 boyutlu Lena görüntü parçası b) %16 tuz ve biber gürültülü görüntü parçası c) DYOS5 sonucu d) %64 tuz ve biber gürültülü görüntü parçası e) DYOS5 sonucu f) %88 tuz ve biber gürültülü görüntü parçası g) DYOS5 sonucu.

Tablo 1' de, çeşitli gürültü yoğunluklarına sahip 5x5 boyutlu Lena görüntü parçasına ait sonuçlar yer almaktadır. Bu tabloda, OS, OS5, DYOS ve DYOS5 ile elde edilen süzgeçlemelere ilişkin OKH değerleri gösterilmektedir.

Tablo 1. Gürültülü Lena görüntü parçasına uygulanan süzgeçlere ilişkin OKH değerleri

| Gürültü | OS | OS5 | DYOS | DYOS5 |
|---------|---------|---------|---------|-------|
| %16 | 0.4 | 0.84 | 0.88 | 1.28 |
| %32 | 0.96 | 2.16 | 0.96 | 1.4 |
| %48 | 0.88 | 2.52 | 0.76 | 1.6 |
| %64 | 1394.52 | 1.56 | 1 | 1.28 |
| %72 | 4287.16 | 1524.8 | 393.2 | 2 |
| %80 | 4900.39 | 4549.12 | 1771.12 | 3.92 |

| Gürültü | OS | OS5 | DYOS | DYOS5 |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------|
| %88 | 8660. 88 | 7685. 12 | 4816. 96 | 2.8 |

Gürültü yoğunluğu arttıkça OS yerine OS5 kullanmanın avantajlı olduğu bilinmektedir. Tablo 1' de OS ve OS5 sütunlarındaki sayısal değerler bu bilgiye destek niteliğindedir. Ayrıca uygulanmış OS ve OS5 yöntemleriyle, bu durum, gürültülü Lena ve Kameraman görüntüleri için de doğrulanmaktadır. Çünkü; gürültü arttıkça 3x3' lük görüntü parçalarında sağlam piksel sayısı azalmakta ve pikselin süzgeçlenmiş değeri doğru olarak hesaplanamamaktadır. 5x5' lik maskeyle süzgeçleme yapan OS5, daha fazla sağlam pikselden yararlanmaktadır.

Tablo 1' de DYOS' in OS' ten daha avantajlı olduğu gözlenmektedir. Bu iki yöntem üzerinde daha önce çalışma yapılmıştır. Tablo 1, bu çalışmayı destekleyen sayısal bir örnek olarak düşünülmektedir. DYOS, maskenin merkez pikselinin komşuluğundaki 0 ve 255 gri seviye değerli gürültü piksellerini elimine ettiği için süzgeç çıkışını daha az hatalı elde etmektedir. Çünkü; gürültü piksellerinin, süzgeç algoritmasına dahil olup çıkış değerini uzak noktaya ötelemesi engellenmektedir.

OS ve OS5 arasındaki kıyaslama değerlendirmesinin aynısının DYOS ve DYOS5 için de geçerli olduğu deneysel çalışmalardan elde edilmektedir. Gürültü arttığında DYOS5' in kullanımıyla daha çok gürültünün yok edildiği saptanmaktadır. Merkezden daha uzaktaki sağlam pikseller yardımıyla bozuk pikselin yeni değeri hesaplanmaktadır.

Yapılan çalışma sonucunda; gürültü miktarına göre maske boyutu değiştirilerek daha verimli süzgeçleme yapılacağı saptanmaktadır.

Kaynaklar

[1] Çivicioğlu, P. ve Alçı, M. (2009). Removal of random-valued impulsive noise from corrupted image. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 55(4), 2097-2104.

[2] Gonzalez, R. C. ve Woods, R. E. (2002). *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall.

[3] Altınışik, P. ve Ergün, E. (2016). Tuz ve biber gürültüsünü gidermek için dört yönlü ortalama süzgeç. *IDAP International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium*, 21-24.

[4] Cui Z. and Gan, Z. (2014). Simple and effective image quality assessment based on edge enhanced mean square error. *Sixth International Conference on Wireless Communications and Signal Processing*, 1-5.

EFFECT OF PHASE-CHANGING MATERIALS ON ENERGY SAVING IN BUILDINGS

Yasin OZCAN*

Abstract: Energy consumption trends in residential buildings are expected to keep growing in the coming decades. Consumption of the energy for heating and air conditioning could be reduced by improving the efficiency of building envelope. Phase change materials (PCMs) could be applied to the building structure by taking advantage of latent heat storage of materials with high thermal mass. Integration of PCM in building walls is very useful and ideal solution for building energy management. A well designed building thermal energy storage system can improve building operation by reducing the energy required to maintain interior human comfort and also reduction in size of the AC/heating equipment. The aim of this study investigation of energy saving potentials in buildings through the inclusion of PCM in building walls for heating and cooling application in Adana.

Keywords: Phase change, Pcm, Energy saving

1. Introduction

Energy has become an important element of our world. Given that electricity generated from fossil sources, which pointedly diminishes step by step, counts for the main bulk of today's energy production, figuring out how to increase energy efficiency is essential.

In 2017, Residential and Commercial Buildings account for 39 % percent of all energy use in the United States. The energy consumption in a home goes towards conditioning the space has the highest share (47%) of the total energy consumed in a residential building [1].

* (Res. Asst.), Faculty of Engineering and Architecture, Kastamonu University.
yozcan@kastamonu.edu.tr

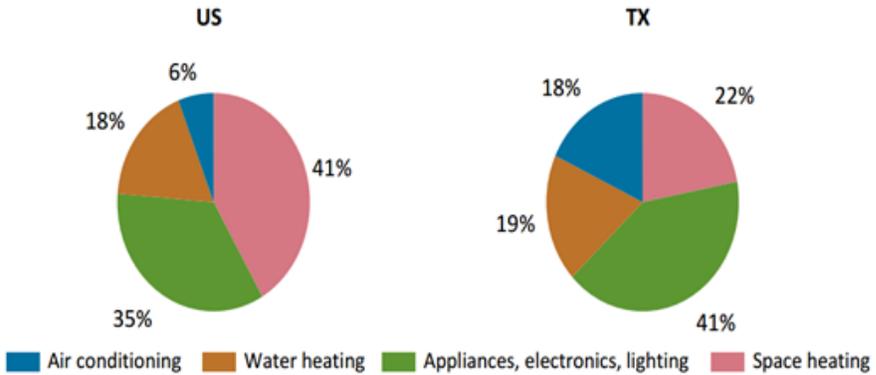


Figure 1.1 Percentage of energy use in residential buildings in US and Texas in 2017

The consumption of energy in buildings is influenced by the heating and cooling system used. Based on the Ashrae standards, buildings should be designed to maintain an interior dry bulb temperature. Comfort room temperatures can range from 20°C (68°F) to 23.3 °C (74°F) in the winter and 22 °C (73° F) to 26 °C (79°F) in the summer. Using heating and air conditioning system is necessary to maintain interior human comfort conditions. Consumption of energy for heating and air conditioning can be reduced by improving the efficiency of the building envelope and its HVAC systems.

One method to improving the efficiency of the building envelope, is to integrate thermally massive construction materials into the building walls. Thermally massive construction materials allow the building envelope to become an effective thermal energy storage system. Thermal energy storage is helpful in making the current energy systems sustainable, efficient, economic, and environmentally-friendly. A well-designed building thermal energy storage system can improve building operation by reducing the energy required to maintain interior human comfort, and also reducing the size of the AC/heating equipment.

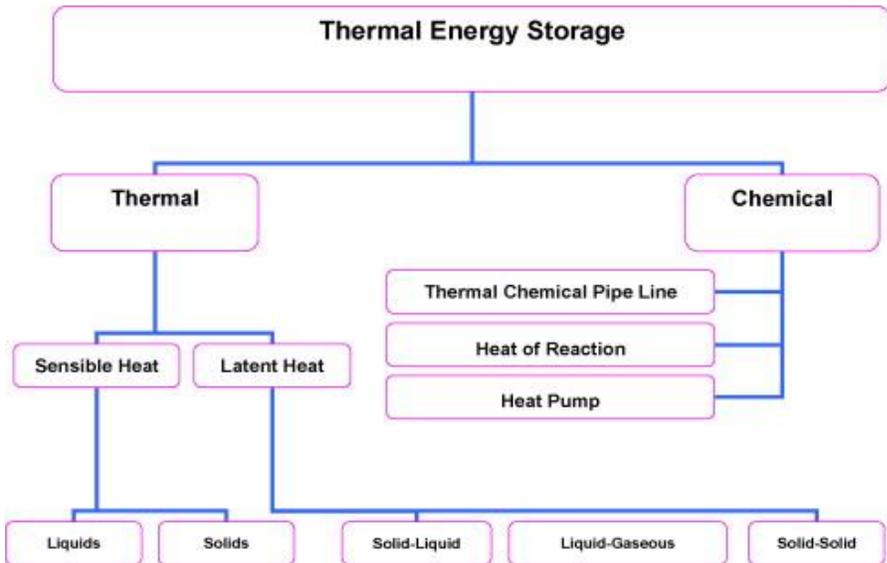


Figure 1.2 Different types of thermal storage ways [2]

1.1 Sensible Heat

The most common way of thermal energy storage is as sensible heat. Sensible heat storage is performed by increasing or decreasing the temperature of a single phase storage medium. This is done by means of heating or cooling a liquid or a solid, without changing phase. Hot water storage for domestic heating, using water is a very common example. Sensible heat storage may be classified on the basis of the heat storage media as liquid media storage and solid media storage like water, rocks, metals and others [3].

1.2 Latent Heat

The characteristic of latent heat represents the amount of energy absorbed or released by a substance during its change in physical state, which occurs without a change in temperature. Latent heat is one of the most efficient ways of storing thermal energy. Latent heat storage systems can be described as fusion associated with the melting and freezing of a material.

2. Phase Change Materials in Building Applications

PCMs have been very important for many years and are widely studied in many areas of engineering. The integration of PCM into building walls is very useful an ideal solution for building energy management, because PCM stores and releases thermal energy during the process of melting and freezing. There are many options to use PCM for energy saving. PCMs can be used for both space heating and cooling applications [4].

PCM is associated with HVAC systems where the heat or cold is stored in PCM by using special technical equipment. This is called active thermal storage. Another way to use PCM for heating and cooling applications is, to integrate it into building walls. During the day, outdoor temperature rises or falls beyond the phase change temperature and heat or cold is automatically stored and released through the building walls without using special technical equipment. Systems that are based on this technique are called passive systems. There are certain ways to integrate PCMs into building walls: macro, micro capsules or direct immersion processes. The simplest method of PCM encapsulation is generally referred to as direct impregnation. It is accomplished by dipping porous building materials into a PCM bath [5]. Micro-encapsulation and macro-encapsulation involve containing PCM with another material. Examples of micro- and macro-encapsulated PCMs are shown in Figure 2.1.

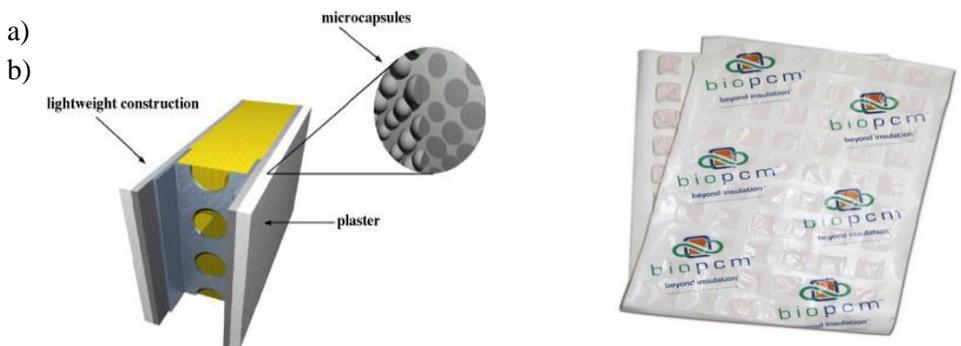


Figure 2.1: a) Construction with PCM micro-capsules integrated into the plaster [2]

b) Phase Change Energy Solutions macro-encapsulated [6]

In building applications, PCM can be encapsulated in construction materials, such as gypsum wallboard or, concrete, in the ceiling or floor to increase their thermal storage capacity [6-7]. In order to reduce energy consumption in cooling applications, temperature fluctuations need to be smoothed out. PCM integrated walls can store large amount of energy while maintaining the indoor temperature within small temperature changes.

Several PCM applications in buildings envelope designs such as passive solar heating, active heating and night cooling are shown in Figure 2.2.[8].

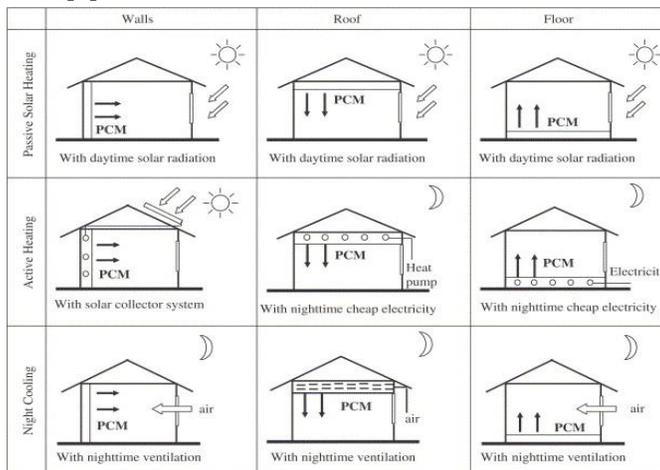


Figure 2.2 Different forms and effects of PCMs integrated within building envelope [8]

2.1 PCMs for Cooling in Buildings

The purpose of the project is to determine a PCM's ability to reduce cooling load when PCMs are integrated into building walls. Air conditioning demand has been increased significantly in the past decade and also still increasing day by day. Increasing the energy efficiency has become a very crucial nowadays. In building, an effective way of increasing energy efficiency is taking energy consumption under control.

Energy consumption in residential buildings varies significantly during the day and night according to the demand by residential activities. In hot climate regions, most of the energy is consumed during the day time depend on high ambient temperatures and intense solar radiation. In this study, it is focused on the use of PCM in buildings walls to deliver possible energy saving for cooling applications. There are several progressing improvements in the field of PCM applications for cooling of buildings. Thermal heat capacity of a wall can be described the amount of thermal energy stored and released over a 24 hour cycle per unit temperature difference. In hot climates regions, building with high thermal heat capacity of walls can perform significantly better than low thermal heat capacity of walls regardless of their insulation levels [9]. The amount of stored thermal energy in wall will reduce or shift the amount of energy required for cooling.

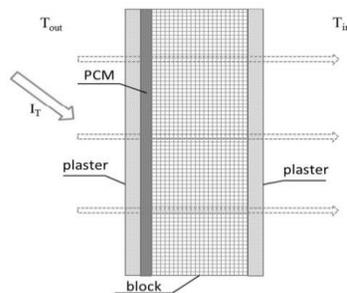


Figure 2.3: A Demonstration Multi-layered Wall with PCM layer

The thermal energy is stored in PCM and released during a daily cycle depends on melting-freezing temperature and latent heat capacity per unit area of PCM into the walls. Integrated PCM into the walls, the construction can be stored large amount of energy while maintaining the indoor temperature within small temperature change, in order to reduce energy consumption in cooling applications by smoothing out the fluctuations.

PCMs make a significant difference in the heating and cooling of building applications. During the day time with high ambient temperature and solar radiation, the PCM changes phase from solid to liquid to store huge amounts of thermal energy. During this phase change process heat gain into the building is reduced and the HVAC systems use less energy for space cooling. During the night time with low ambient temperature,

the PCM changes phase from liquid to solid phase release heat both into the building and to the outside environment [10]. Phase change temperature is so important parameter for selecting PCMs. Integrated phase change materials into the building walls, the structure will be capable of storing large amounts of thermal energy while maintaining the indoor temperature within a small variation. Therefore, PCMs melting temperature should be near the room temperature. According to the some researchers, the PCM melting temperature should be the average room temperature or up to 3°C higher than the desired room temperature [11-13]. For selecting PCM at optimum melting temperature, $T_{m,opt}$ is estimated based on the amount of flux stored during the day and released all stored energy during the discharge cycle [14].

$$T_{m,opt} = \frac{1}{U+h} \left[hT_i + U \frac{T_{e,d} + T_{e,n}}{2} + \frac{Q_{stor}}{t_{stor}} \right] \quad (2.1)$$

Where Q_{stor} is the total heat absorbed from surface area, h is the average heat transfer coefficient, $T_{e,d}$ and $T_{e,n}$ are the air temperatures at day and night and t_{stor} the storage time.

3. Numerical Simulation

Two conditions are considered when calculating the energy performance of a building walls; ordinary wall without PCM layer and ordinary wall with PCM layer. PCM is integrated into the wall as shown in figure 3.1 A numerical study was performed to determine the performance of integrated PCM into building walls. More specifically a PCM incorporated into the walls of a typical residential building in the Adana climate zone was examined. This study, focused on the investigation of building cooling energy over the summer cooling months.

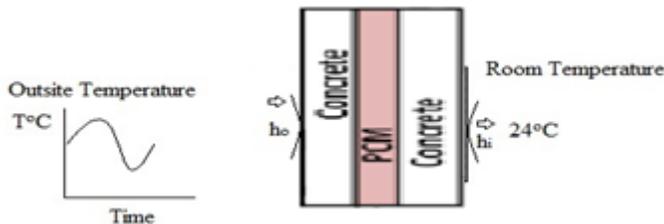


Figure 3.1: Diagram of the layers of an external wall with PCM

3.1 Computation Object

A finite difference numerical method is used to determine the temperature distribution and heat transfer through the wall. To analyze the transient heat transfer through the wall, a 1-D transient conduction model has been developed. Under the same outdoor and indoor conditions, the wall temperature profiles are obtained with and without a PCM in the wall. For the boundary conditions, the room temperature is fixed at 24°C, and the exterior side of the wall is exposed to outdoor air conditions. Outdoor air has a sinusoidal time-varying temperature, h_o and h_i are the convective heat transfer coefficients on the external and internal wall surfaces, respectively, which are used as $h_o=18 \text{ w/m}^2$ and $h_i=8 \text{ w/m}^2$. The equivalent (sol-air) temperature is used to account for both convection and radiation on the external wall surface. All material properties densities, specific heat capacity, thermal conductivity are considered constant. Building wall components and their thermophysical properties appear in Table 3.1. These properties of wall which are used under this study. The thermal resistance of the wall with PCM and without PCM is calculated and they are almost same. It means PCM did not cause an important increase in thermal resistance of the wall.

Table 3.1 Physical characteristics of the test house materials

| Exterior Wall | Density Kg/m ³ | Thermal conductivity (w/mK) | Specific Heat J/kg K | Thick m |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------|
| 1-2 Concrete Block, | 1912 | 0.72 | 921.1 | 0.15 |
| 3 Glass Fiber Insulation | 11.47 | 0.0433 | 830 | 0.10 |
| 4 Plasterboard | 1601.85 | 0.73 | 1000 | 0.02 |
| 5-4 Plasterboard Pcm | 1601.85 | 0.73 | 836.80 | 0.02 |
| Windows | | 0.9 | | 0.00 |
| Roof | | | | |
| In Dense Insulation | 91 | 0.043 | 836 | 0.02 |
| In Hw Concrete | 2242 | 1.71 | 836 | 0.05 |
| Floor | | | | |
| In Hw Concrete | 2242 | 1.72 | 836.00 | 0.2 |

The wall is discretized with a uniform spatial step of $\Delta x = 2$ cm. For the time step, $\Delta t = 3$ min is used. From the stability criteria the time step has been tested.

3.2.1 EnergyPlus Analysis

The aim of this study is investigate the possibility of integration of PCMs in building walls in Adana in order to reduce to the amount of energy consumed in cooling applications. To better understand energy performance of buildings with integration of PCM in building walls, EnergyPlus simulation program is used. Energy Plus is an energy analysis and thermal load simulation program. It is offered by the United States Department of Energy. It uses the “ASHRAE heat balance method” principles for cooling and heating loads of a building. The user has to input various parameters like construction and materials details of the buildings and other operating parameters. For the PCM, it is required to input the enthalpy data, the thickness, thermal conductivity, density and specific heat capacity [14].

3.2.2 Test House Model

The test house was modeled using the same materials as described in Table 3.1. Test room is rectangular single zone building with dimension of 6 m wide by 6 m long by 3 m high. The test house was created in BEopt and the input EnergyPlus file was exported to EnergyPlus.

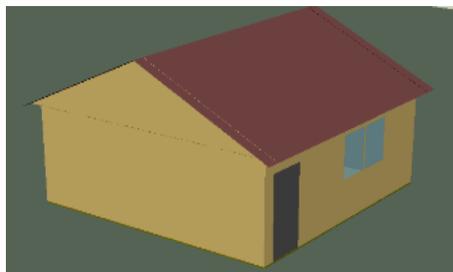


Figure 3.1. Schematic of the Test House from BEopt

The thermal resistance of the external walls R is $2.6 \text{ m}^2\text{°C}/\text{W}$, and windows are made of single glass. The window area is 1 m^2 on the north wall and the room has no interior partitions. Thermal resistance of

the wall with PCM and without PCM are almost same. It means that PCM does not cause important increase in thermal resistance. The simulation period is selected according to the cooling energy demand and it is assumed that the cooling season is from April to end of September. During this simulation period the indoor air temperature is considered as constant at 24°C. As outdoor conditions, the weather data of Adana was used. Simulation parameters, the material properties, PCM characteristics are listed in Table 3.1

4. Results and Discussion

4.1 Temperature variation of the walls

Energy Plus has capability to evaluate the node's temperature. The node temperature curves for composition of the walls with and without PCM layer are given in below figures. From the figures, the effect of the PCMs could be seen easily. It is seen in Figure 4.2 and Figure 4.4 that closer to the inner surface the temperatures start to flatten due to the effect of phase change. On the other hand, this flattening are not observed in Figure 4.1 and Figure 4.3 because no PCM exists on the inner surface.

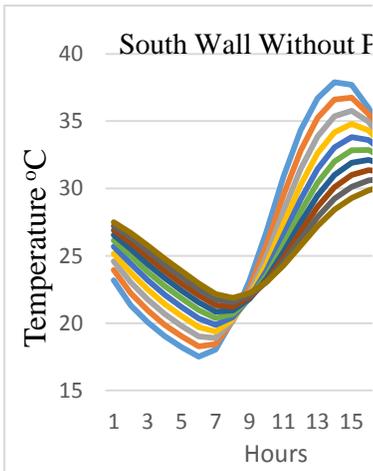


Figure 4.1: Temperature distribution through the wall

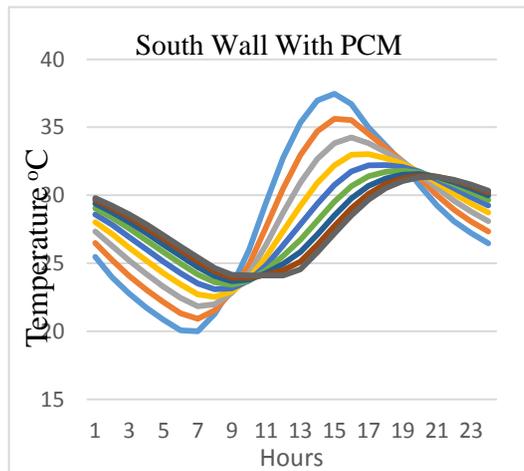


Figure 4.2: Temperature distribution through the wall

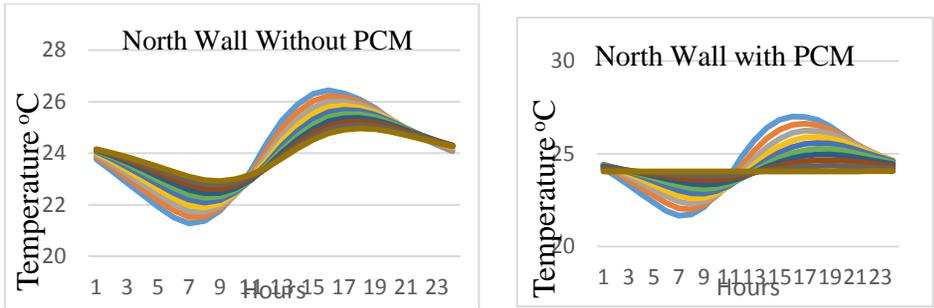
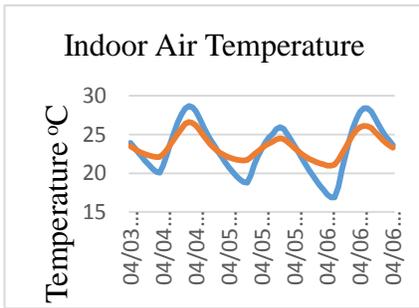


Figure 4.3: Temperature distribution through
 Figure 4.4: Temperature distribution through the wall
 the wall

The building wall surface temperatures were investigated the integration of PCM into its wall under the weather conditions of Adana. At the simulation period, the maximum and minimum temperatures at all node locations were examined. It is shown in figures 4.1 to 4.4. It was observed that the PCM was totally melted when the room temperature and PCM node temperature are lower than the outside temperature during the day. However, when the outside temperature is lower than room temperature, it was seen that the PCM didn't release all of its stored energy completely. If the PCM node temperature decreased at least melting point however not completed solidification process everywhere during a day it is said to be partially active.

For building applications, PCMs can be able to work in daily cycles, if the PCM melted in the daytime should solidify at night or during early morning. Because it has to be ready for the next melting process. If outdoor temperatures cycle above and below the indoor temperature in a 24-hour period and PCM phase change temperature are selected properly, the PCM helps to diminish the amplitude of the instantaneous heat flux. Therefore, the PCM should be selected carefully according to the weather conditions. If the outside temperatures remain above the indoor set temperature during the day and the night, then the PCM is not a significant factor.

4.2 Room Air Temperature Differences



The simulation period is selected according to the cooling energy demand. For the results of simulations, only the months May to September are considered. The results are shown in the form of

comparison of building walls having PCM layer with having no PCM layer. Hourly indoor air temperatures of the building zone for April to October period for three days are given in figures. Blue line represent of building walls without PCM layer and red line represent building walls with PCM layer. Due to indoor air temperature does not rise well above or drops well below the phase change temperature 24 C in June, July and August phase change process is not activated. As a result PCM layer doesn't affect indoor air temperatures and both temperatures becomes almost same. Because during test days period in June, July and August indoor and outdoor air temperature are above phase change temperature, almost all hours keeping the PCM layer always melted. For instance in April, May and September, the effect the PCM has on reducing the internal air temperature. Indoor air temperature become more stable with PCM layer it means PCM is useful at during these months.

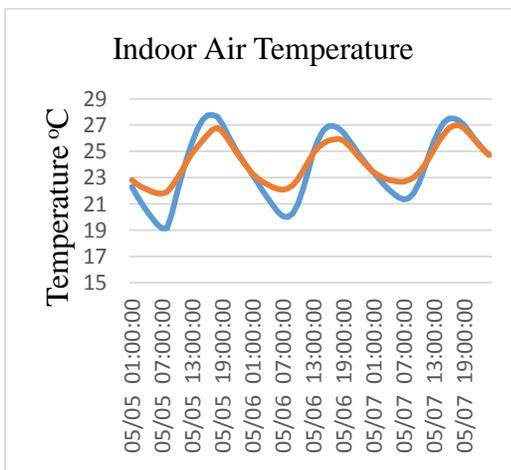


Figure 4.5: Hourly indoor air temperatures of the room for April and May

Compared to the initial situation of the wall by integration of PCM to building walls, building thermal comfort and building energy performance were improved.

5. Conclusions

The PCM melting and solidification point are important parameter, therefore, it should be attempted to investigate the influence of melting points on the thermal performances of the system. The simulation can be repeated for the building wall with a PCM melt temperature of 26°C to 30°C instead of 24°C. With these results, it helps to determine optimum phase transition temperature.

In this study, room temperature was investigated in a building after PCM integration on the wall under weather conditions of Adana. The PCM integration may be up to 2°C reducing indoor air temperature without providing any mechanical ventilation or cooling in April and May. The outcomes demonstrate that the heat flux of the PCM integrated wall is smaller than that of a regular wall. Amount of saving energy with PCM integrated walls can be enhanced by increasing the latent heat capacity. However, the PCM cannot solidify totally, increasing latent heat capacity would not change the saving. PCMs can be extremely useful energy management solutions if outdoor temperatures cycle above and below the room temperature in a 24-hour period. Therefore, PCM should be carefully selected according to the weather conditions. If external temperatures remain above the temperature set off during the day and night, then PCM is not an important factor. Thus, before you decide to use PCMs for cooling applications in buildings, the occupancy characteristics and environmental conditions of the building must be well known.

In Adana, the summers are long and hot. Summer night temperature will be too high for PCM the change of phase from a liquid to a solid under the given parameters. This means that it is not useful to store energy during the daytime with PCM. On the otherhand, PCM is still acceptable for the possible solution to shift the peak load. Today, most countries use the dynamic electricity price, which means that the energy price changes on demand during the day. On the off chance that

city utilizes dynamic power value, it can be stored cooling energy in PCM wall during the night with lower power cost. On the peak time with higher power cost, PCM starts melting, therefore it will be delaying the heat input into the room at the peak electrical demand. As a result the PCM can shift the peak power load in the summer time. Therefore PCM will be viewed as helpful solutions.

References

- [1] DoE, U. S. "Energy efficiency trends in residential and commercial buildings." *US Department of Energy, Washington, DC* (2017).
- [2] Sharma, Atul, V. V. Tyagi, C. R. Chen, and D. Buddhi. "Review on thermal energy storage with phase change materials and applications." *Renewable and Sustainable energy reviews* 13, no. 2 (2009): 318-345.
- [3] Dincer, Ibrahim, and Marc Rosen. *Thermal energy storage: systems and applications*. John Wiley & Sons, 2002.
- [4] Dincer, I., 2002. Thermal energy storage as a key technology in energy conservation, *Int.J. Energy Res*, 26 (7), 567–588.
- [5] Cabeza LF, Mehling H, SpringerLink (Online service). Heat and cold storage with PCM: An up to date introduction into basics and applications. 2008
- [6] Castellón, C., M. Medrano, J. Roca, M. Nogués, A. Castell, and L. F. Cabeza. "Use of microencapsulated phase change materials in building applications." *University of Lleida, Spain* (2007).
- [7] Farid, Mohammed M., Amar M. Khudhair, Siddique Ali K. Razack, and Said Al-Hallaj. "A review on phase change energy storage: materials and applications." *Energy conversion and management* 45, no. 9 (2004): 1597-1615.
- [8] Zhang, Jinping, Guobing Zhou, Kunping Lin, Qunli Zhang, and Hongfa Di. "Application of latent heat thermal energy storage in

- buildings: state-of-the-art and outlook." *Building and Environment* 42, no. 6 (2007): 2197-2209.
- [9] Gilbert, Robert B. 2010. The use of thermal mass and phase change material to reduce a building's thermal load. Ph.D. diss., ProQuest, UMI Dissertations Publishing.
- [10] Cabeza, Luisa F., and Safari Books Online (Firm). 2015. Advances in thermal energy storage systems: Methods and applications. Vol. Number 66. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.
- [11] Xiao, Wei, Xin Wang, and Yiping Zhang. "Analytical optimization of interior PCM for energy storage in a lightweight passive solar room." *Applied Energy* 86, no. 10 (2009): 2013-2018.
- [12] AL-Saadi, Saleh Nasser, and Zhiqiang John Zhai. "Modeling phase change materials embedded in building enclosure: A review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 21 (2013): 659-673.
- [13] Baetens, Ruben, Bjørn Petter Jelle, and Arild Gustavsen. "Phase change materials for building applications: a state-of-the-art review." *Energy and Buildings* 42, no. 9 (2010): 1361-1368.
- [14] <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

RENK DUYARLILIĞINA SAHİP ELİSA TESTİ OKUYUCU CİHAZI GELİŞTİRMEK

Developing Elisa Reader Device with Color Sensitivity

Öğr.Gör Hüseyin Şahiner* , Dr. Öğr. Üyesi Uğur Fidan**

Öz: İnsan vücudu bakteri, virüs, parazit gibi zararlı canlılarla ve doğal olmayan kimyasallarla mücadele etmek için farklı antikorlar üretir. İmmünolojik teknikler ile hastalığın kaynağı tespit edilmesi tedavi sürecinin planlamasını sağlamaktadır. Bu yöntemlerden biri olan Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay) testi ile HIV virüsü, rota virüsü, yassı hücreli karsinoma, sifilis, toksoplazmoz, Varicella-Zoster virüsü, alerjik hastalıklar, su çiçeği ve pernisiyöz anemi tespit edilebilmektedir. Elisa, antikora bağlanmış bir enzimin aktivitesini belirleyen kantitatif bir ölçüm yöntemidir. Test edilen örnekte virüs veya parazit olup olmadığı antijen veya antikorlarının saptanması ile belirlenebilmektedir. Alınan kan numunesinde ki hedeflenen maddeyi saptayacak enzim laboratuvar ortamında üretilir. Bir dizi işlem uygulanarak oluşturulan örnekler 48 yada 96 kuyucuklu Mikropleyt okuyucuya yerleştirilir. Mevcut okuyucular Spektrofotometre yöntemi kullanarak kuyucuklardaki örneklerin ışık geçirgenlik oranına göre değerlendirme yapmaktadır. Bu cihazlarda ki temel problem kendi kit ve ölçüm cihazları ile birlikte çalışma zorunluluğudur. Görüntü işleme yöntemleri giderek gelişmekte ve birçok sensörün yerini almaya başlamaktadır. Bu çalışmada ELİSA okuyucusunun kamera yardımıyla alınan görüntüden sayısal görüntü işleme yöntemi ile rengi ve renk yoğunluğunu kontrol ederek hata oranını en aza indirmektedir. Ayrıca bir bilgisayara bağlamak yerine kendi ekranı ve kontrolleri ile kit ve cihaz bağımlılığını en aza indirilmesi çalışma da amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada mini bilgisayar kullanarak bağımsız bir ELISA okuyucu cihazı tasarımı ve yazılımı gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistem okuyucu kutusu, ışık sistemi, raspberry pi ve kamera modülünden meydana gelmektedir. Raspberry Pi, kamera modülü ve ışık sisteminin fiziki boyutlarına uygun olacak cihaz kutusu tasarlanmıştır. Işık sistemi hazır bulunmadığından şerit LED, LGP ve difüzörler kullanılarak oluşturulmuştur. Görüntü işleme yazılımı Python yazılım dilinin Opencv Kütüphanesi kullanılarak geliştirilmiştir. Kullanıcı arayüzü ve görüntü işleme kodları python programlama dili kullanılarak oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen sistem test sonuçlarını json formatında saklamaktadır. PHP-Mysql kullanılarak geliştirilen arayüz ile alınan sonuçlar ve resimler internet üzerinden izlenebilir hale getirilmiştir. Test için gelen Elisa örneğine teşhisi istenen hastalığa göre mikropleytdaki seruma damlatılan katalizör madde ile renklendirilir. Renklendirilmiş numune cihaza yerleştirilerek arayüzden okunacak test türü belirlenir ve okuma işlemi başlatılır. Renk yoğunlukları belirlemek için plaka boş iken alınan görüntülerdeki değerlerden test sırasında elde edilen renk değerlerinin farkı alınmış ve 0 ile 1 arasında normalize edilmiştir. Opencv yazılımı ile önceden belirlenmiş aralıklar kullanılarak renk yoğunluklarını hesaplanmış ve eşik değerlerine göre pozitif-negatif sonuç değerleri üretilmiştir. Sonuç olarak elde edilen görüntülerden kuyucuklardaki örneklerin dalga boyları tespit edilmiş ve tanı için en net şekilde görünmesi sağlanmıştır. Bu değerler arayüz programında hücre numaraları ile görüntülenmiş ve elde edilen sonuçlar ara yüz yazılımı ile bilgisayar ve internet ortamında raporlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elisa Okuyucu, Görüntü İşleme, Gömülü Sistem, Tanı Cihazı

Abstract: The human body produces different antibodies to combat harmful organisms such as bacteria, viruses, parasites and unnatural chemicals. Detection of the source of the disease by immunological techniques provides the planning of the treatment

* Çankırı Karatekin Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Bilgisayar Bilimleri

** Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Müh.

period. One of these methods, Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay) test can detect HIV virus, rota virus, squamous cell carcinoma, syphilis, toxoplasmosis, Varicella-Zoster virus, allergic diseases, watery plants and pernicious anemia. Elisa is a quantitative measurement method that determines the activity of an enzyme bound to an antibody. The sample to be tested can be determined by detection of the antigen or antibodies against viruses or parasites. The enzyme that will detect the target substance in the blood sample of the recipient is produced in the laboratory environment. Samples generated by a series of procedures are placed in a 96-well microplate reader at 48 wells. Current readers use the spectrophotometer method to evaluate the light transmittance of the wells. The main problem with these devices is the necessity of working with their own kits and measuring instruments.

Image processing methods are gradually evolving and many sensors are starting to take their place. In this study, ELISA reader will reduce the error rate by controlling the color and intensity of the color by digital image processing method from the image taken with the help of the camera. It is also aimed to reduce the dependency of the kit and device with its own screen and controls instead of connecting to a computer. An independent ELISA reader device design and software was implemented using a mini computer in the study. The realized system consists of the reader box, light system, raspberry pi and camera module. The Raspberry Pi is designed to fit the physical dimensions of the camera module and light system. Since the light system is not available, the LED has been formed using LED, LGP and diffusers. Image processing software was developed using the Opencv library of the Python software language. The user interface and image manipulation codes are built using the python programming language. The system saves the test results in json format. The interface developed using PHP-Mysql makes the results and images visible on the internet. According to the disease for which the sample is to be tested, Elisa is colored with the dropping catalyst substance in the microplate. The colored sample is placed in the instrument and the type of test to be read from the interface is determined and reading is started. To determine the color intensities, the color values obtained during the test were subtracted from the values in the images taken when the plate was empty and normalized between 0 and 1. Color densities were calculated by using pre-determined intervals with Opencv software and positive-negative result values were produced according to threshold values. As a result of the obtained images, the wave length of the samples in the wells was determined and it was shown to be the most clear for the diagnosis. These values are displayed with cell numbers in the interface program and the obtained results are reported on the computer and internet using the interface software.

Keywords: Elisa reader, Image processing, Embedded System, Diagnostic Device

1. Giriş

İnsan vücudu bakteri, virüs, parazit gibi zararlı canlılarla ve doğal olmayan kimyasallarla mücadele etmek için farklı antikorlar üretir. İmmünolojik teknikler ile hastalığın kaynağı tespit edilmesi tedavi sürecinin planlanmasını sağlamaktadır. Elisa, antikora bağlanmış bir enzimin aktivitesini belirleyen kantitatif bir ölçüm yöntemidir. Test edilen örnekte virüs veya parazit olup olmadığı antijen veya antikorlarının saptanması ile belirlenebilmektedir. Diğer bir deyişle hastalığın kanda bıraktığı parmak izi aranmaktadır. Alınan kan numunesinde ki hedeflenen maddeyi saptayacak enzim laboratuvar ortamında üretilir. Bir dizi işlem uygulanarak oluşturulan örnekler 48 yada 96 kuyucuklu Mikropleyt okuyucuya yerleştirilir. Mevcut

okuyucular Spektrofotometre yöntemi kullanarak kuyucuklardaki örneklerin ışık geçirgenlik oranına göre değerlendirme yapmaktadır. Bu cihazlarda ki temel problem kendi kit ve ölçüm cihazları ile birlikte çalışma zorunluluğudur.

Bu çalışmada; kamera yardımıyla ışık yoğunluğu yanı sıra rengini de kontrol ederek yanılma oranını en aza indirmek ve bir bilgisayara bağlamak yerine kendi ekranı ve kontrolleri ile bağımsız kullanım sağlamak amaçlanmaktadır. Veri tabanı güncellenebilir hale getirerek, analize uygun cihaz yerine her analize uygun cihaz haline getirmek çalışmanın temel hedefidir.

2. Elisa Testi

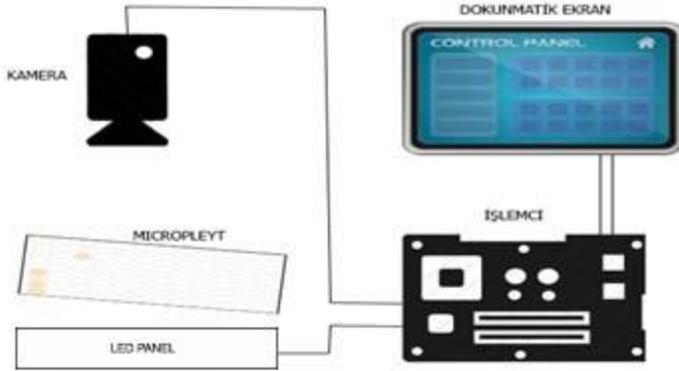
Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay) testi ile HIV virüsü, rota virüsü, yassı hücreli karsinoma, sifilis, toksoplazmoz, Varicella-Zoster virüsü, alerjik hastalıklar, su çiçeği ve pernisiyöz anemi tespit edilebilmektedir. Elisa Yöntemleri ve kullanım şekiller çok çeşitlidir.

3. Materyal

Bu araştırmada, kamera yoluyla alınan görüntünün işlenmesi ile bir ELİSA okuyucusu geliştirilmiştir. Bu tasarımda aşağıdaki ekipman ve materyaller kullanılmıştır;

- Raspberry Pi
- Linux Sistemi(Raspbian Jessie)
- Kamera ve Ekran Sistemi
- Işık Sistemi
- Güç Kaynağı
- Python Yazılım Dili
- OpenCV Kütüphanesi
- PHP yazılım Dili
- Cihaz Kutusu
- Cihaz Arayüz Yazılımı
- Elisa mikrolenti

Cihaz oluşturmak için birçok parça ve onları kontrol eden yazılım bir arada olmak zorundadır. İşlemleri yapabilecek yeterlilikte olup olmadığı test edilerek seçilmişlerdir. Şekil 1'de sistemin nasıl olacağı gösterilmektedir.



Şekil 8 Sistem Diyagramı

Sistem örnek içerisine yerleştirildikten sonra Dokunmatik ekran üzerinden yazılım ile resim alma işlemini başlatmaktadır. Led panel Şerit led ve diğer aydınlatma materyalleri kullanılarak oluşturulmuş, ışığı homojen dağıtan bir sistemdir. Resim alma işlemi başlamadan Led panele güç verilir ve kamera ile görüntü alınır.

Görüntü alındıktan sonra sayısal görüntü işleme yöntemleri ile istenen türe ve değerlere göre işlenebilir.

4. Metot

Işık geçirgenliği maddenin rengini belirler. Beyaz ışıpta kırmızı, mavi ve yeşil renklerin hepsi bulunmaktadır. Işık yoğunluğunu hesaplar iken bütün renklerin oranına bakarak karar vermek gerekmektedir.

İşlem sırasında Bütün değerleri görebilmek için Üç rengeinde bulunduğu sıvıların olduğu örnek ile alınan görüntü Şekil 2’de gösterilmektedir. Test için bu görüntü kullanılmıştır.



Şekil 9 Yapılan Örneğin C bloğu

Örnekta Mikropleyt C bloğu üzerinde okunan değerler Çizelge 3.1’de verilmiştir. Kullanılacak yöntemlerde tek renk üzerinden değil bütün değerler üzerinden hesaplama yapılması gerekmektedir. Hesaplama bir rengin yükselme aralığı ile diğer renklerin düşme değerleri toplanarak ilk ışıkla oranı alınmaktadır.

Çizelge 1 Işık Kaynağından okunan değerler(R_0, G_0, B_0) ve Renkli örnekten okunan değerlerin(R_1, G_1, B_1) karşılaştırılması.

| Hücreler | R_0 | G_0 | B_0 | R | G | B |
|----------|-------|-------|-------|---|---|---|
|----------|-------|-------|-------|---|---|---|

| | | | | | | |
|-----|----|-----|-----|---|---|---|
| C1 | 20 | 200 | 205 | 2 | 1 | 1 |
| C2 | 20 | 200 | 205 | 2 | 8 | 1 |
| C3 | 20 | 199 | 202 | 2 | 3 | 5 |
| C4 | 20 | 201 | 202 | 2 | 0 | 3 |
| C5 | 20 | 200 | 198 | 2 | 2 | 2 |
| C6 | 19 | 195 | 196 | 2 | 2 | 1 |
| C7 | 19 | 193 | 192 | 1 | 2 | 1 |
| C8 | 19 | 191 | 190 | 1 | 1 | 8 |
| C9 | 19 | 190 | 188 | 1 | 2 | 2 |
| C10 | 18 | 185 | 186 | 5 | 1 | 2 |
| C11 | 18 | 183 | 184 | 0 | 1 | 2 |
| C12 | 18 | 186 | 184 | 0 | 1 | 2 |

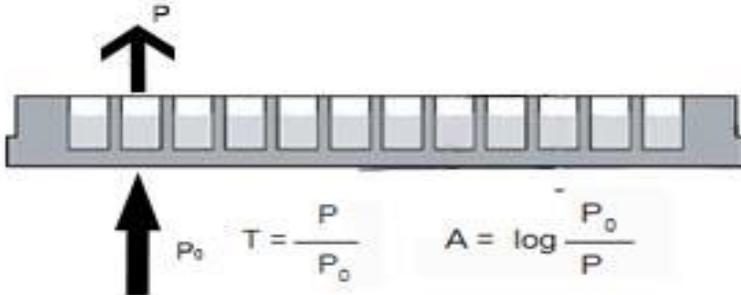
Işık kaynağından alınan değerler ile örnekten alınan değerlerin karşılaştırılması ve aralarındaki yoğunluk farklarını renk değerleriyle hesaplanacaktır.

Kırmızı rengine göre Yoğunluk oranı hesaplanması Denklem 1'deki gibi hesaplanır ve yoğunluk oranının 100 ile çarpımından Yoğunluk yüzdesi elde edilir.

Yoğunluk Oranı

$$= \frac{(R_1 - R_0) + (G_0 - G_1) + (B_0 - B_1)}{R_0 + G_0 + B_0} \quad [1]$$

Elisa okuyucularında klasik yöntem optik geçirgenlik hesabıdır. Verilen ışık şiddeti ve alınan ışık şiddeti karşılaştırılarak sonuç hesaplanır. Şekil 3'de plakalardan geçen ışık ve kaynaktan okunan ışık farkı gösterilmiştir.



Şekil 10 Optik yoğunluk ve Absorbans

Renk kodları ışığın parçaları olduğu için sistem üzerinde hesap yapılırken Denklem 2’de ki gibi bütün renk kanallarının toplamı alınarak ışık şiddeti elde edilir.

$$T = \frac{R_1 + G_1 + B_1}{R_0 + G_0 + B_0} \quad A = \log\left(\frac{R_0 + G_0 + B_0}{R_1 + G_1 + B_1}\right) \quad [2]$$

Okunan değerleri RGB yoğunluk ve Optik Yoğunluk hesabına göre hesaplandı. Sonuçlar Çizelge 2’de Renk Yoğunluğu(R_y, G_y, B_y) ve Optik Yoğunluk(OD) ölçülerek eşik değeri 40 alınarak negatif ve pozitif sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 2 Karışık örneğin RGB yoğunluğu testi

| Hücreler | R_y | >20 | G_y | > | B | > |
|----------|-------|-----|-------|---|----|---|
| C1 | 0,1 | N | - | N | 0, | N |
| C2 | 0,3 | P | - | N | 0, | N |
| C3 | 0,5 | P | - | N | - | N |
| C4 | 0,6 | P | - | N | 0, | N |
| C5 | - | N | 0,0 | N | - | N |
| C6 | - | N | 0,0 | N | - | N |
| C7 | 0,0 | N | 0,2 | P | - | N |
| C8 | 0,0 | N | 0,3 | P | - | N |
| C9 | - | N | 0,0 | N | 0, | N |
| C10 | - | P | 0,2 | P | 0, | P |
| C11 | - | P | 0,2 | P | 0, | P |
| C12 | - | P | 0,1 | N | 0, | P |

Tüm bu sonuçların cihaz üzerinde görünümü şekil 4’de gösterilmiştir. Cihaz bu bilgileri cihaz numarası ile birlikte internete yüklemektedir. Bu sayede sadece cihaz üzerinde değil alınan değerler diğer sistemlerde de hesaplanabilir.

ELISA OKUYUCUSU

TEST :

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| A | 0.06 | 0.29 | 0.68 | 0.88 | 0.03 | 0.03 | 0.19 | 0.38 | 0.0 | 0.19 | 0.43 | 0.53 |
| B | 0.0 | 0.36 | 0.68 | 0.88 | 0.02 | 0.05 | 0.24 | 0.44 | 0.03 | 0.27 | 0.44 | 0.57 |
| C | 0.1 | 0.37 | 0.66 | 0.87 | -0.0 | 0.04 | 0.27 | 0.44 | 0.05 | 0.29 | 0.46 | 0.59 |
| D | 0.1 | 0.38 | 0.66 | 0.83 | -0.0 | 0.05 | 0.25 | 0.44 | 0.06 | 0.33 | 0.45 | 0.57 |
| E | 0.11 | 0.38 | 0.64 | 0.84 | 0.01 | 0.08 | 0.28 | 0.42 | 0.07 | 0.32 | 0.45 | 0.55 |
| F | 0.09 | 0.39 | 0.7 | 0.85 | -0.0 | 0.06 | 0.27 | 0.5 | 0.08 | 0.32 | 0.43 | 0.56 |
| G | 0.09 | 0.35 | 0.68 | 0.85 | 0.0 | 0.07 | 0.27 | 0.45 | 0.08 | 0.33 | 0.45 | 0.57 |
| H | 0.09 | 0.28 | 0.6 | 0.81 | -0.02 | 0.04 | 0.23 | 0.44 | 0.07 | 0.32 | 0.44 | 0.57 |

Şekil 11 Cihazda renk yoğunluğu ve 0.20 eşik değerine göre sonuç görüntüsü

5. Sonuç

Yaptığımız çalışma renk kodlarını okuyarak sonuç elde eden Elisa testi okuyucusu tasarlanmıştır. Elisa testi kullanım alanı, kaynağı ve örneği bol olmasına rağmen sağlık ve biyoloji alanı dışında pek ilgi görmemektedir. Bu durum bu tip testlerin gelişimini kötü etkilemektedir. Yaptığımız çalışmayı gerekli yeterlilikte doğrulayacak laboratuvar bulunamadığından teorik olarak test edilmiştir.

Kullanılan parçalar ve malzeme kolaylıkla temin edilebilir. Fiyat olarak herhangi bir elisa okuyucusundan daha uygun fiyata oluşturulabilmektedir. Sistemin sıkıntısı aydınlatma sisteminin gücünün Raspberry pi üzerinden alması kamera modülünün çektiği enerjiye bağlı olarak bazı resimlerin daha aydınlık, bazılarının ise daha karanlık olmasına neden olmaktadır. Bu sebepten bazı sonuçlar negatif değerler almaktadır.

Bu sonuçlara göre Işık yoğunluğu hesabı, renk yoğunluğuna göre daha stabil görünmektedir. Eşik değerlerine yakın sonuçlar göz önüne alındığında daha yakın sonuçlar elde edilmektedir. Fakat görüntü olarak sadece yakınlık oluşturmakta çıkan sonuçlar farklı olmaktadır. Bu çalışmada amacımız renk yöntemi ile sonuçlar elde etmeyi ve yakın sonuçlar elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

Engvall, E., Perlmann, P. (1971). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Quantitative assay of immunoglobulin G. *Immunochemistry*, **8**: 871-4.

Engvall, E. (2010). The ELISA, Enzyme-Linked Immunosorbent Assay. *Clinical Chemistry*, **56**: 319-320.

Barnhart, J. (1997). Occurrences, uses and properties of chromium. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **26**: 3-7.

Gan, S.D. and Kruti, P.R. (2013). Enzyme Immunoassay and Enzyme-Linked Immunosorbent Assay. *Journal of Investigative Dermatology*, **133**: e12. doi:10.1038/jid.2013.287.

Haapakoski R, Karisola P, Fyhrquist N. (2013). Toll-like receptor activation during cutaneous allergen sensitization blocks development of asthma through IFN-gamma-dependent mechanisms. *J Invest Dermatol*, **133**: 64-72.

Crowther J.R. (2001). The ELISA Guidebook. Methods in Molecular Biology, Vienna, Austria.

Aydın S. (2015). A short history, principles, and types of ELISA, and our laboratory experience with peptide/protein analyses using ELISA. *Peptides*, **72**: 4-15.

García, B., Baro, J.A., Torre, C., Muniz, R., Perez, M.A. (2009). A new low-cost and portable Elisa reader by using a photodiode matrix and electroluminescent (el) lamps. XIX IMEKO World Congress Fundamental and Applied Metrology, Lisbon, Portugal, 6-11 Eylül, 1775-1779.

Berg, B., Cortazar, B., Tseng, D., Ozkan, H., Feng, S., Wei Q., Chan, R., Burbano J., Farooqui, Q., Lewinski, M., Di Carlo, D., Garner, O., Ozcan, A.(2015). Cellphone-Based Hand-Held Microplate Reader for Point-of-Care Testing of Enzyme-Linked Immunosorbent Assays. *American Chemical Society*, **9(8)**: 7857-7866.

McGeough C.M., O'Driscoll, S. (2013). Camera Phone-Based Quantitative Analysis of

C-Reactive Protein ELISA. *IEEE Transactions On Biomedical Circuits And Systems*, **VOL. 7, NO. 5**: 655-659.

Takehara, H., Miyazawa, K., Noda, T., Sasagawa, K., Tokuda, T., Kim, S.H., Iino, R., Noji, H., Ohta, j. (2013). A CMOS image sensor with low fixed pattern noise suitable for lensless observation system of digital enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Future of Electron Devices, Kansai (IMFEDK), 2013 IEEE International Meeting for, Suita, Japan, 5-6 Haziran, 32-33.

Origala, T., Eapen, A., Salvante, K.G., Nepomnaschy, P.A., Parameswaran, M.A. (2016). Adaptive illumination backlight panel for

ELISA imaging systems. IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Vancouver, BC, Canada, 15-18 Mayis, 1-4.

Filippini, D., Tejle, K., Lundstrom, I. (2005). ELISA test for anti-neutrophil cytoplasm antibodies detection evaluated by a computer screen photo-assisted technique. *Biosens and Bioelectron*, **21**: 266-272.

Perez, M.A., Mera, M., Arias, J.R., Arza, B.G., Carleos, C.E., Muniz, R., Torre, C., Cifuentes, D., Cueli, J.C., Baro, I.A. (2008). PocketELISA: A low-cost portable ELISA reader based on image analysis over PDA platform for clinical diagnose in medical veterinary. IEEE Int. Symp. Industrial Electronics, Cambridge, UK, 30 Haziran-2 Temmuz, 936-943.

O'Kennedy, R., Byrne, M., O'Fagain, C., Berns, G. (1990). A Review of Enzyme-Immunoassay and a Description of a Competitive Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for the Detection of Immunoglobulin Concentrations, *Biochemistry and Molecular Biology Education*, **18**: 136-140.

RENK DUYARLILIĞINA SAHİP ELİSA TESTİ OKUYUCU CİHAZI GELİŞTİRMEK

Developing Elisa Reader Device with Color Sensitivity

Öğr.Gör Hüseyin Şahiner^{*}, Dr. Öğr. Üyesi Uğur Fidan^{**}

Öz: İnsan vücudu bakteri, virüs, parazit gibi zararlı canlılarla ve doğal olmayan kimyasallarla mücadele etmek için farklı antikorlar üretir. İmmünolojik teknikler ile hastalığın kaynağı tespit edilmesi tedavi sürecinin planlamasını sağlamaktadır. Bu yöntemlerden biri olan Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay) testi ile HIV virüsü, rota virüsü, yassı hücreli karsinoma, sifilis, toksoplazmoz, Varicella-Zoster virüsü, alerjik hastalıklar, su çiçeği ve pernisiyöz anemi tespit edilebilmektedir. Elisa, antikora bağlanmış bir enzimin aktivitesini belirleyen kantitatif bir ölçüm yöntemidir. Test edilen örnekte virüs veya parazit olup olmadığı antijen veya antikorlarının saptanması ile belirlenebilmektedir. Alınan kan numunesinde ki hedeflenen maddeyi saptayacak enzim laboratuvar ortamında üretilir. Bir dizi işlem uygulanarak oluşturulan örnekler 48 yada 96 kuyucuklu Mikropleyt okuyucuya yerleştirilir. Mevcut okuyucular Spektrofotometre yöntemi kullanarak kuyucuklardaki örneklerin ışık geçirgenlik oranına göre değerlendirme yapmaktadır. Bu cihazlarda ki temel problem kendi kit ve ölçüm cihazları ile birlikte çalışma zorunluluğudur. Görüntü işleme yöntemleri giderek gelişmekte ve birçok sensörün yerini almaya başlamaktadır. Bu çalışmada ELİSA okuyucusunun kamera yardımıyla alınan görüntüden sayısal görüntü işleme yöntemi ile rengi ve renk yoğunluğunu kontrol ederek hata oranını en aza indirmektir. Ayrıca bir bilgisayara bağlamak yerine kendi ekranı ve kontrolleri ile kit ve cihaz bağımlılığını en aza indirilmesi çalışma da amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada mini bilgisayar kullanarak bağımsız bir ELISA okuyucu cihazı tasarımı ve yazılımı gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistem okuyucu kutusu, ışık sistemi, raspberry pi ve kamera modülünden meydana gelmektedir. Raspberry Pi, kamera modülü ve ışık sisteminin fiziki boyutlarına uygun olacak cihaz kutusu tasarlanmıştır. Işık sistemi hazır bulunmadığından şerit LED, LGP ve difüzörler kullanılarak oluşturulmuştur. Görüntü işleme yazılımı Python yazılım dilinin Opencv Kütüphanesi kullanılarak geliştirilmiştir. Kullanıcı arayüzü ve görüntü işleme kodları python programlama dili kullanılarak oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen sistem test sonuçlarını .json formatında saklamaktadır. PHP-Mysql kullanılarak geliştirilen arayüz ile alınan sonuçlar ve resimler internet üzerinden izlenebilir hale getirilmiştir. Test için gelen Elisa örneğine teşhisi istenen hastalığa göre

^{*} Çankırı Karatekin Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Bilgisayar Bilimleri

^{**} Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Müh.

mikropleytdeki seruma damlatılan katalizör madde ile renklendirilir. Renklendirilmiş numune cihaza yerleştirilerek arayüzden okunacak test türü belirlenir ve okuma işlemi başlatılır. Renk yoğunlukları belirlemek için plaka boş iken alınan görüntülerdeki değerlerden test sırasında elde edilen renk değerlerinin farkı alınmış ve 0 ile 1 arasında normalize edilmiştir. Opencv yazılımı ile önceden belirlenmiş aralıklar kullanılarak renk yoğunluklarını hesaplanmış ve eşik değerlerine göre pozitif-negatif sonuç değerleri üretilmiştir. Sonuç olarak elde edilen görüntülerden kuyucuklardaki örneklerin dalga boyları tespit edilmiş ve tanı için en net şekilde görünmesi sağlanmıştır. Bu değerler arayüz programında hücre numaraları ile görüntülenmiş ve elde edilen sonuçlar ara yüz yazılımı ile bilgisayar ve internet ortamında raporlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elisa Okuyucu, Görüntü İşleme, Gömülü Sistem, Tanı Cihazı

Abstrack: The human body produces different antibodies to combat harmful organisms such as bacteria, viruses, parasites and unnatural chemicals. Detection of the source of the disease by immunological techniques provides the planning of the treatment period. One of these methods, Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay) test can detect HIV virus, rota virus, squamous cell carcinoma, syphilis, toxoplasmosis, Varicella-Zoster virus, allergic diseases, watery plants and pernicious anemia. Elisa is a quantitative measurement method that determines the activity of an enzyme bound to an antibody. The sample to be tested can be determined by detection of the antigen or antibodies against viruses or parasites. The enzyme that will detect the target substance in the blood sample of the recipient is produced in the laboratory environment. Samples generated by a series of procedures are placed in a 96-well microplate reader at 48 wells. Current readers use the spectrophotometer method to evaluate the light transmittance of the wells. The main problem with these devices is the necessity of working with their own kits and measuring instruments.

Image processing methods are gradually evolving and many sensors are starting to take their place. In this study, ELISA reader will reduce the error rate by controlling the color and intensity of the color by digital image processing method from the image taken with the help of the camera. It is also aimed to reduce the dependency of the kit and device with its own screen and controls instead of connecting to a computer. An independent ELISA reader device design and software was implemented using a mini computer in the study. The realized system consists of the reader box, light system, raspberry pi and camera module. The Raspberyy Pi is designed to fit the physical dimensions of the camera module and light system. Since the light system is not available, the LED has been

formed using LED, LGP and diffusers. Image processing software was developed using the Opencv library of the Python software language. The user interface and image manipulation codes are built using the python programming language. The system saves the test results in json format. The interface developed using PHP-Mysql makes the results and images visible on the internet. According to the disease for which the sample is to be tested, Elisa is colored with the dropping catalyst substance in the microplate. The colored sample is placed in the instrument and the type of test to be read from the interface is determined and reading is started. To determine the color intensities, the color values obtained during the test were subtracted from the values in the images taken when the plate was empty and normalized between 0 and 1. Color densities were calculated by using pre-determined intervals with Opencv software and positive-negative result values were produced according to threshold values. As a result of the obtained images, the wave length of the samples in the wells was determined and it was shown to be the most clear for the diagnosis. These values are displayed with cell numbers in the interface program and the obtained results are reported on the computer and internet using the interface software.

Keywords: Elisa reader, Image processing, Embedded System, Diagnostic Device

6. Giriş

İnsan vücudu bakteri, virüs, parazit gibi zararlı canlılarla ve doğal olmayan kimyasallarla mücadele etmek için farklı antikorlar üretir. İmmünolojik teknikler ile hastalığın kaynağı tespit edilmesi tedavi sürecinin planlamasını sağlamaktadır. Elisa, antikora bağlanmış bir enzimin aktivitesini belirleyen kantitatif bir ölçüm yöntemidir. Test edilen örnekte virüs veya parazit olup olmadığı antijen veya antikorlarının saptanması ile belirlenebilmektedir. Diğer bir değişle hastalığın kanda bıraktığı parmak izi aranmaktadır. Alınan kan numunesinde ki hedeflenen maddeyi saptayacak enzim laboratuvar ortamında üretilir. Bir dizi işlem uygulanarak oluşturulan örnekler 48 yada 96 kuyucuklu Mikropleyt okuyucuya yerleştirilir. Mevcut okuyucular Spektrofotometre yöntemi kullanarak kuyucuklardaki örneklerin ışık geçirgenlik oranına göre değerlendirme yapmaktadır. Bu cihazlarda ki temel problem kendi kit ve ölçüm cihazları ile birlikte çalışma zorunluluğudur.

Bu çalışmada; kamera yardımıyla ışık yoğunluğu yanı sıra rengini de kontrol ederek yanılma oranını en aza indirmek ve bir bilgisayara bağlamak yerine kendi ekranı ve kontrolleri ile bağımsız kullanım sağlamak amaçlanmaktadır. Veri tabanı güncellenebilir hale getirerek, analize uygun cihaz yerine her analize uygun cihaz haline getirmek çalışmanın temel hedefidir.

7. Elisa Testi

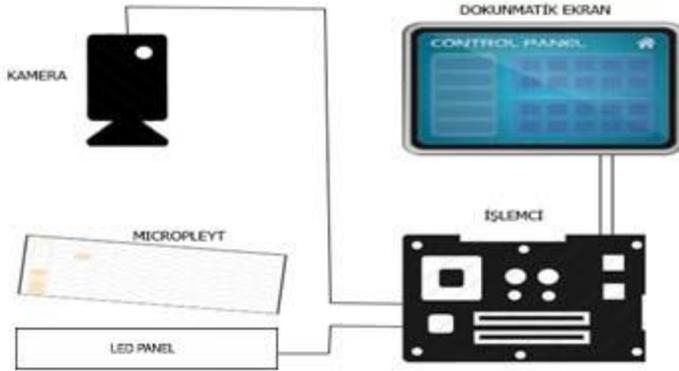
Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay) testi ile HIV virüsü, rota virüsü, yassı hücreli karsinoma, sifilis, toksoplazmoz, Varicella-Zoster virüsü, alerjik hastalıklar, su çiçeği ve pernisiyöz anemi tespit edilebilmektedir. Elisa Yöntemleri ve kullanım şekiller çok çeşitlidir.

8. Materyal

Bu araştırmada, kamera yoluyla alınan görüntünün işlenmesi ile bir ELİSA okuyucusu geliştirilmiştir. Bu tasarımda aşağıdaki ekipman ve materyaller kullanılmıştır;

- Raspberry Pi
- Linux Sistemi(Raspbian Jessie)
- Kamera ve Ekran Sistemi
- Işık Sistemi
- Güç Kaynağı
- Python Yazılım Dili
- OpenCV Kütüphanesi
- PHP yazılım Dili
- Cihaz Kutusu
- Cihaz Arayüz Yazılımı
- Elisa mikrolenti

Cihaz oluşturmak için birçok parça ve onları kontrol eden yazılım bir arada olmak zorundadır. İşlemleri yapabilecek yeterlilikte olup olmadığı test edilerek seçilmişlerdir. Şekil 1'de sistemin nasıl olacağı gösterilmektedir.



Şekil 12 Sistem Diyagramı

Sistem örnek içerisine yerleştirildikten sonra Dokunmatik ekran üzerinden yazılım ile resim alma işlemini başlatmaktadır. Led panel Şerit led ve diğer aydınlatma materyalleri kullanılarak oluşturulmuş, ışığı homojen dağıtan bir sistemdir. Resim alma işlemi başlamadan Led panele güç verilir ve kamera ile görüntü alınır.

Görüntü alındıktan sonra sayısal görüntü işleme yöntemleri ile istenen türe ve değerlere göre işlenebilir.

9. Metot

Işık geçirgenliği maddenin rengini belirler. Beyaz ışıpta kırmızı, mavi ve yeşil renklerin hepsi bulunmaktadır. Işık yoğunluğunu hesaplar iken bütün renklerin oranına bakarak karar vermek gerekmektedir.

İşlem sırasında Bütün değerleri görebilmek için Üç rengeinde bulunduğu sıvıların olduğu örnek ile alınan görüntü Şekil 2'de gösterilmektedir. Test için bu görüntü kullanılmıştır.



Şekil 13 Yapılan Örneğin C bloğu

Örnekte Mikroplyet C bloğu üzerinde okunan değerler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Kullanılacak yöntemlerde tek renk üzerinden değil bütün değerler üzerinden hesaplama yapılması gerekmektedir. Hesaplama bir rengin yükselme aralığı ile diğer renklerin düşme değerleri toplanarak ilk ışıkla oranı alınmaktadır.

Çizelge 1 Işık Kaynağından okunan değerler(R_0, G_0, B_0) ve Renkli örnekten okunan değerlerin(R_1, G_1, B_1) karşılaştırılması.

| Hücreler | R_0 | G_0 | B_0 | R | G | B |
|----------|-------|-------|-------|---|---|---|
| C1 | 20 | 200 | 205 | 2 | 1 | 1 |
| C2 | 20 | 200 | 205 | 2 | 8 | 1 |
| C3 | 20 | 199 | 202 | 2 | 3 | 5 |
| C4 | 20 | 201 | 202 | 2 | 0 | 3 |
| C5 | 20 | 200 | 198 | 2 | 2 | 2 |
| C6 | 19 | 195 | 196 | 2 | 2 | 1 |
| C7 | 19 | 193 | 192 | 1 | 2 | 1 |
| C8 | 19 | 191 | 190 | 1 | 1 | 8 |
| C9 | 19 | 190 | 188 | 1 | 2 | 2 |
| C10 | 18 | 185 | 186 | 5 | 1 | 2 |
| C11 | 18 | 183 | 184 | 0 | 1 | 2 |
| C12 | 18 | 186 | 184 | 0 | 1 | 2 |

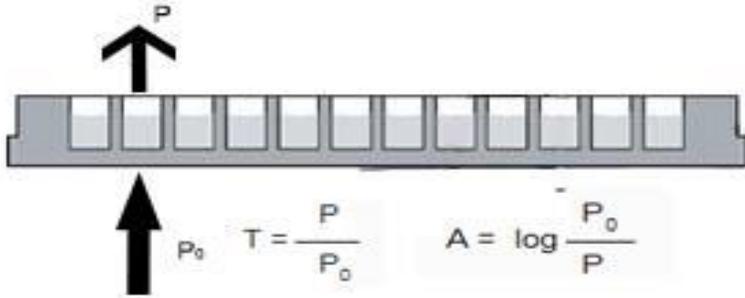
Işık kaynağından alınan değerler ile örnekten alınan değerlerin karşılaştırılması ve aralarındaki yoğunluk farklarını renk değerleriyle hesaplanacaktır.

Kırmızı renge göre Yoğunluk oranı hesaplanması Denklem 1'deki gibi hesaplanır ve yoğunluk oranının 100 ile çarpımından Yoğunluk yüzdesi elde edilir.

Yoğunluk Oranı

$$= \frac{(R_1 - R_0) + (G_0 - G_1) + (B_0 - B_1)}{R_0 + G_0 + B_0} \quad [1]$$

Elisa okuyucularında klasik yöntem optik geçirgenlik hesabıdır. Verilen ışık şiddeti ve alınan ışık şiddeti karşılaştırılarak sonuç hesaplanır. Şekil 3'de plakalardan geçen ışık ve kaynaktan okunan ışık farkı gösterilmiştir.



Şekil 14 Optik yoğunluk ve Absorbans

Renk kodları ışığın parçaları olduğu için sistem üzerinde hesap yapılırken Denklem 2'de ki gibi bütün renk kanallarının toplamı alınarak ışık şiddeti elde edilir.

$$T = \frac{R_1 + G_1 + B_1}{R_0 + G_0 + B_0} \quad A = \log \left(\frac{R_0 + G_0 + B_0}{R_1 + G_1 + B_1} \right) \quad [2]$$

Okunan değerleri RGB yoğunluk ve Optik Yoğunluk hesabına göre hesaplandı. Sonuçlar Çizelge 2'de Renk Yoğunluğu (R_y, G_y, B_y) ve Optik Yoğunluk (OD) ölçülerek eşik değeri 40 alınarak negatif ve pozitif sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 2 Karışık örneğin RGB yoğunluğu testi

| Hücreler | R_y | >20 | G_y | > | B | > |
|----------|-------|-----|-------|---|----|---|
| C1 | 0,1 | N | - | N | 0, | N |
| C2 | 0,3 | P | - | N | 0, | N |
| C3 | 0,5 | P | - | N | - | N |
| C4 | 0,6 | P | - | N | 0, | N |
| C5 | - | N | 0,0 | N | - | N |
| C6 | - | N | 0,0 | N | - | N |

| | | | | | | |
|-----|-----|---|-----|---|----|---|
| C7 | 0,0 | N | 0,2 | P | - | N |
| C8 | 0,0 | N | 0,3 | P | - | N |
| C9 | - | N | 0,0 | N | 0, | N |
| C10 | - | P | 0,2 | P | 0, | P |
| C11 | - | P | 0,2 | P | 0, | P |
| C12 | - | P | 0,1 | N | 0, | P |

Tüm bu sonuçların cihaz üzerinde görünümü şekil 4’de gösterilmiştir. Cihaz bu bilgileri cihaz numarası ile birlikte internete yüklemektedir. Bu sayede sadece cihaz üzerinde değil alınan değerler diğer sistemlerde de hesaplanabilir.

ELISA OKUYUCUSU



Şekil 15 Cihazda renk yoğunluğu ve 0.20 eşik değerine göre sonuç görüntüsü

10. Sonuç

Yaptığımız çalışma renk kodlarını okuyarak sonuç elde eden Elisa testi okuyucusu tasarlanmıştır. Elisa testi kullanım alanı, kaynağı ve örneği bol olmasına rağmen sağlık ve biyoloji alanı dışında pek ilgi görmemektedir. Bu durum bu tip testlerin gelişimini kötü etkilemektedir. Yaptığımız çalışmayı gerekli yeterlilikte doğrulayacak laboratuvar bulunamadığından teorik olarak test edilmiştir.

Kullanılan parçalar ve malzeme kolaylıkla temin edilebilir. Fiyat olarak herhangi bir elisa okuyucusundan daha uygun fiyata

oluşturulabilmektedir. Sistemin sıkıntısı aydınlatma sisteminin gücünün Raspberry pi üzerinden alması kamera modülünün çektiği enerjiye bağlı olarak bazı resimlerin daha aydınlık, bazılarının ise daha karanlık olmasına neden olmaktadır. Bu sebepten bazı sonuçlar negatif değerler almaktadır.

Bu sonuçlara göre Işık yoğunluğu hesabı, renk yoğunluğuna göre daha stabil görünmektedir. Eşik değerlerine yakın sonuçlar göz önüne alındığında daha yakın sonuçlar elde edilmektedir. Fakat görüntü olarak sadece yakınlık oluşturmakta çıkan sonuçlar farklı olmaktadır. Bu çalışmada amacımız renk yöntemi ile sonuçlar elde etmeyi ve yakın sonuçlar elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

Engvall, E., Perlmann, P. (1971). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Quantitative assay of immunoglobulin G. *Immunochemistry*, **8**: 871-4.

Engvall, E. (2010). The ELISA, Enzyme-Linked Immunosorbent Assay. *Clinical Chemistry*, **56**: 319-320.

Barnhart, J. (1997). Occurrences, uses and properties of chromium. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **26**: 3-7.

Gan, S.D. and Kruti, P.R. (2013). Enzyme Immunoassay and Enzyme-Linked Immunosorbent Assay. *Journal of Investigative Dermatology*, **133**: e12. doi:10.1038/jid.2013.287.

Haapakoski R, Karisola P, Fyhrquist N. (2013). Toll-like receptor activation during cutaneous allergen sensitization blocks development of asthma through IFN-gamma-dependent mechanisms. *J Invest Dermatol*, **133**: 64-72.

Crowther J.R. (2001). The ELISA Guidebook. Methods in Molecular Biology, Vienna, Austria.

Aydın S. (2015). A short history, principles, and types of ELISA, and our laboratory experience with peptide/protein analyses using ELISA. *Peptides*, **72**: 4-15.

Garcia, B., Baro, J.A., Torre, C., Muniz, R., Perez, M.A. (2009). A new low-cost and portable Elisa reader by using a photodiode matrix and electroluminiscent (el) lamps. XIX IMEKO World Congress Fundamental and Applied Metrology, Lisbon, Portugal, 6-11 Eylül, 1775-1779.

Berg, B., Cortazar, B., Tseng, D., Ozkan, H., Feng, S., Wei Q., Chan, R., Burbano J., Farooqui, Q., Lewinski, M., Di Carlo, D., Garner, O., Ozcan, A.(2015). Cellphone-Based Hand-Held Microplate Reader for Point-of-Care Testing of Enzyme-Linked Immunosorbent Assays. *American Chemical Society*, **9(8)**: 7857-7866.

McGeough C.M., O'Driscoll, S. (2013). Camera Phone-Based Quantitative Analysis of

C-Reactive Protein ELISA. *IEEE Transactions On Biomedical Circuits And Systems*, **VOL. 7, NO. 5**: 655-659.

Takehara, H., Miyazawa, K., Noda, T., Sasagawa, K., Tokuda, T., Kim, S.H., Iino, R., Noji, H., Ohta, j. (2013). A CMOS image sensor with low fixed pattern noise suitable for lensless observation system of digital enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Future of Electron Devices, Kansai (IMFEDK), 2013 IEEE International Meeting for, Suita, Japan, 5-6 Haziran*, 32-33.

Origala, T., Eapen, A., Salvante, K.G., Nepomnaschy, P.A., Parameswaran, M.A. (2016). Adaptive illumination backlight panel for ELISA imaging systems. *IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Vancouver, BC, Canada, 15-18 Mayıs*, 1-4.

Filippini, D., Tejle, K., Lundstrom, I. (2005). ELISA test for anti-neutrophil cytoplasm antibodies detection evaluated by a computer screen photo-assisted technique. *Biosens and Bioelectron*, **21**: 266-272.

Perez, M.A., Mera, M., Arias, J.R., Arza, B.G., Carleos, C.E., Muniz, R., Torre, C., Cifuentes, D., Cueli, J.C., Baro, I.A. (2008). PocketELISA: A low-cost portable ELISA reader based on image analysis over PDA platform for clinical diagnose in medical veterinary. *IEEE Int. Symp. Industrial Electronics, Cambridge, UK, 30 Haziran-2 Temmuz*, 936-943.

O'Kennedy, R., Byrne, M., O'Fagain, C., Berns, G. (1990). A Review of Enzyme-Immunoassay and a Description of a Competitive Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for the Detection of Immunoglobulin Concentrations, *Biochemistry and Molecular Biology Education*, **18**: 136-140.

YAKITLARLA ÇALIŞMADA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Occupational Health and Safety in Fuel Facilities

Naime Filiz (Tümen) Özdil, Cem Boğa & Sait M. Say**

Öz: Bu çalışmada akaryakıt dolum tesisindeki iş sağlığı ve güvenliği anlamında tehlike arz edecek durumlar ve yine bu anlamda alınabilecek önlemler üzerine bir derleme yapılmıştır. Ham petrolün damıtılması sırasında, fuel-oil, motorin, gaz, benzin, gibi LPG'yi meydana getiren propan ve bütan da elde edilir. Ancak üretilip tanklara depo edilirken tıpkı motorin ve benzin, gibi sıvı halde bulunan propan ve bütan havaya açık bir kaba konulunca sıvı halde durmaz, hemen buharlaşarak gaz haline gelir. Buharlaşan LPG sıvı hacminin 300 – 350 misli hacmi kaplayarak, daha küçük boyutlara depolanabilir. Rahat bir şekilde kullanılabilmesi için basınçlı kaplar dediğimiz özel kaplarda daha düşük basınç altında sıvı halde muhafaza edilmelidir. Benzin ve benzin türevleri, son derece patlayıcı özelliğe sahip olup, ikinci derece kanserojen maddelerdir. Ayrıca, mutajenik, ikinci derece üreme için toksik, tahriş edici ve çevre için tehlikelidirler. Buharlaşan yakıt baş dönmesine ve uyku haline yol açabilir ve solunum sistemine zarar verebilir. Sıvı yakıt hızlı bir şekilde buharlaşır ve kapalı ortamda parlamayla aniden olarak yanabilir. Bu ürünler yalnızca kapalı sistemlerde kullanılmak için tasarlanmıştır. Bu sebeple, akaryakıt dolum tesislerinde ve istasyonlarda emniyetli ortamın sağlanması ve olası tehlike ve risklerin en aza indirgenmesi hedeflenmelidir. Akaryakıt istasyonlarında emniyetli ve güvenli bir çalışma ortamının sağlanması amacıyla alınacak önlemler arasında; yakıt emniyetinin sağlanması, istasyonun emniyet noktalarının sürekli olarak gözden geçirilmesi, yangın tehlikesine karşı gerekli tedbirlerin alınması, akaryakıt döküntü ve saçıntılara karşı gerekli önlemlerin alınması ve herhangi bir acil durumda uygulanacak acil durum eylem planının derhal devreye alınması sayılabilir.

Anahtar Kelimeler: Akaryakıt, iş sağlığı ve güvenliği

Abstract: In this study, a compilation has been made on the situations that would be dangerous in terms of occupational health and safety in the fuel facility and the measures that could be taken in this sense. During the distillation of crude oil, propane and butane, bringing LPG, have been also obtained such as fuel-oil, motor, gas, gasoline, etc. However, when they are produced and stored in tanks, liquid propane and butane, such as motor and gasoline, do not stop in liquid state when put into a container that is open to the air and they evaporate immediately and become gas. When evaporated, LPG, which occupies a volume of 300-350 times the volume of liquid, is stored in small volumes and must be kept liquid under pressure which can be considered relatively low in special vessels which we call pressure vessels so that they can be used practically. Gasoline and petrol derivatives are highly explosive and are carcinogenic in the second category. In addition, they are mutagenic, the second category is toxic, irritating, harmful and dangerous to the environment for reproduction. Vapors can cause dizziness and drowsiness. It slightly irritates the respiratory system. The liquid evaporates rapidly and can suddenly burn or explode with flammability in the indoor environment. These products are designed for using only in closed systems. For this reason, it is aimed to provide a safe environment in fuel facilities and stations and to minimize the most possible risks and risks. Measures to be taken to ensure a safe and safe working environment at gas stations include; ensuring fuel safety, constantly observing the safety points of the station, taking necessary precautions against fire hazards, taking necessary precautions against fuel spills and smears and immediate action plan to be implemented immediately in case of an emergency.

Key Words: Fuel-oil, occupational health and safety

* Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Makine Mühendisliği

** Çukurova Üniversitesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği

1. GİRİŞ

Akaryakıt istasyonlarında emniyetli ve güvenli bir çalışma ortamının sağlanması amacıyla ilgili yönetmeliklerin ve standartlarının öngördüğü kuralları uygulamakta ve uygulamaları takip etmektedir. Böylelikle olası tehlike ve riskleri en aza indirmeyi hedefler. Akaryakıt, akaryakıt buharı ve LPG; patlayıcı ve patlayıcı özelliğe sahip olduğundan en büyük potansiyel tehlikeyi oluşturur. Akaryakıt istasyonlarında kullanılan petrol ürünlerinin buharları havadan ağırdır. Herhangi bir kaçak durumunda sahadaki tüm çukur ve alçak kesimlerde (rögar ve bodrum gibi) birikerek tehlike oluşturabilirler.

Özellikle durgun hava koşullarında biriken buharın dağılması uzun zaman alacağından havadaki farklı oranlarda bulunabilecek petrol buharı, özellikle de akaryakıt buharı parlayıcı bir karışım oluşturur, herhangi bir alev, sıcak bir madde, kıvılcım ya da başka ateşleme kaynağı ile temas ettiğinde patlar. [1]. Diğer bir risk de akaryakıt istasyonlarında kullanılan petrol ürünlerinin sudan hafif oldukları için herhangi bir kaçak durumunda su yüzeyinde toplanması ve yayılmasıdır. Bu nedenle sızan ya da saçılan ürün bir drenaj kanalına karışırsa uzak bölgelere kadar ulaşabilir ve buralarda tehlikeli durum yaratabilir. Riskin meydana gelmesini önlemek için gerekli tedbirler alınmalıdır. Her küçük kazanın büyük bir kazaya dönüşebileceği unutulmamalıdır.

2. YAKIT VE YAKIT EMNİYETİ

Yakıt, patlama ve alev alma riski yüksek bir üründür. Yakıt üzerinde tam kontrole sahip olunmalı ve bunu sağlamak için, tanklarda depolanan miktarlar üzerinde düzenli denetimler yapılmalıdır. Özellikle akaryakıt stok kontrol yönetimi mutlaka istasyonlarda tank bazında yapılmalıdır.

2.1. Ön Saha Emniyeti

2.1.1. Araçlara Yakıt Dolumu

Müşterilerinin deposu doldurulmadan önce; aracın kontağın ve kaloriferin kapatıldığından, sigara içilmediğinden, cep telefonu ile konuşulmadığından, hortumun dolaşmadığından emin olunmalıdır. Ayrıca LPG dolumu öncesinde mutlaka topraklama yapılmalıdır.

2.1.2. Depoyu doldururken

Pompa tabancası araç deposunun dolum uygunluğuna göre bırakılmalı, tabancanın yakıt deposuna emniyetlice yerleştirildiğinden emin olunmalı, araç deposundan taşma olup olmadığı kontrol edilmeli, tabanca otomatığı (tetliği) herhangi bir aletle iterek açılmamalı, huni kullanılmamalı, sızıntı ya da ekipman da arıza durumunda hemen

istasyon yetkilisine haber verilmeli; arızalı yakıt dolum ekipmanı kullanılmamalı, depo kapağı araç üzerine konulmamalıdır.

2.1.3. Depoyu doldurduktan sonra

Depo kapağının doğru takıldığından emin olunmalı, tabancayı yerine koymadan önce yakıt süzülmesi beklenmeli, hortumun dolaşmadığı, üstünden araç geçebilecek şekilde yerde serili kalmadığı kontrol edilmeli, sızıntıya neden olabilecek bir hasara ve yangına yol açabileceğinden tabanca yerine düşürülmemelidir.

Ayrıca mutlaka; Haftada en az bir kez pompa kapakları açılıp içine bakılmalı, pompanın damlatma, taşma, kablo kopuğu gibi arızalar varsa fark edilmeli ve İstasyon Müdürü'ne haber verilmelidir. Karakoldan alınacak izin belgesi olmadan kesinlikle kaplara yakıt verilmez. Gerektiğinde bu iş için onaylanmış ve sıvı sızdırmayan kapaklı kaplar kullanılmalıdır.



Şekil 1. Uygun akaryakıt taşıma kapları (Çevre, Sağlık, Güvenlik, Emniyet kitabı, 2011)

3. İSTASYONUN EMNİYET NOKTALARI

3.1. Kablo Kanalları

Yakıt sızıntısından çıkan patlayıcı buhar, elektrik kablo kanalları binaya girebileceğinden büyük bir riski oluşturur. Dolayısıyla kablo kanalları, elektrik rögarları binaya girdikleri noktada izole edici köpük veya kumla kapatılmış olmalıdır.

3.2. Tank Sahası (tanker dolum esnasında)

Pompa altları, tank rögarları ve dolum yerleri kumla doldurulmalıdır. Bu, çukur yerlerdeki buhar birikintisini ve dolayısıyla olası bir patlama riskini önleyecektir.

3.3. Havalandırma Boruları

Havalandırma boruları minimum altı metre yüksekliğinde ve herhangi bir enerji kaynağından (yüksek gerilim hattı, elektrik trafosu gibi) minimum 6 metre uzaklıkta olacak şekilde konumlandırılmalıdır. Havalandırma borularının ağızları da herhangi bir kıvılcım yaratacak enerji kaynağından minimum 6 metre uzaklıkta olmalıdır.

3.4. Bodrum Katları

Riskli bodrum katı bulunan iş yerlerinde mutlaka gaz dedektörleri bulunmalı ve 6 ayda bir periyodik bakımlar şirketin belirlediği firmalarca yapılmalıdır.

3.5. Kontrol Yöntemleri

Lifler, istasyon yetkilisi tarafından ayda bir kez kontrol edilmelidir. Kompresörler, istasyon yetkilisi tarafından sık sık kontrol edilmelidir. Yangın söndürme cihazları, tüm yangın söndürme cihazları, istasyon çalışanları tarafından kontrol edilmeli, basıncı düşen cihazlar (manometre ibresi kırmızıyı gösterdiğinde) servise gönderilmelidir.

Ayrıca tüm yangın söndürme cihazları altı ayda bir periyodik bakımı yapılmak üzere servise gönderilmelidir.

Manometre göstergesi olmayan cihazların yapılan tüm kontrolleri üzerlerindeki etikete tarihleriyle birlikte not edilmeli ve kontrolü yapan firmanın imzalı onayı bulunmalıdır.

Eski tip dıştan basınçlı yangın söndürme cihazları, yeni manometreli tüplerle değiştirilmelidir.

3.6. Akaryakıt Pompaları

İstasyon personeli, pompalarda sızıntı olup olmadığını kontrol edilmelidir. Herhangi bir sorun saptandığında, pompalar devre dışı bırakılmalı ve derhal bakım Müttehidi'ne bildirilmelidir. Hortumlar / hortum başları, olası hasar veya sızıntılar göz önünde bulundurularak günlük olarak kontrol edilmelidir.

Olası bir akaryakıt kaçağı ve sızıntısının önlenmesi için tanklar günlük olarak ölçülmelidir.

Tank su kontrolü günlük olarak yapılmalı, su tespit edildiğinde vakumlu el pompası veya kıvılcım çıkarmayan özel bir pompayla

alınmalıdır. Tank menhollerinin periyodik olarak emniyetli bir şekilde havalandırması sağlanmalıdır.

4. YANGIN

Bir yangını söndürmek için bu üç faktörden birinin ortadan kaldırılması gerekir. Yanıcı maddeler, kağıt, tahta, lastik, parlayıcı buhar, akaryakıt ya da kimyasal maddeler olabilir. Oksijen olarak, hava olmalıdır. Ateş / Alev Kaynağı olarak da Kıvılcım, izmarit, çakmak, kibrit, elektrik kaynaklı alevler, kızgın yüzeyler, cep telefonu ve bataryaları, kaynak işleri gibi.



Şekil 2. Yangın Üçgeni (Çevre, Sağlık, Güvenlik, Emniyet kitabı, 2011)

4.1. Ürün Sınıflandırması

Yakıtlar yanıcıdır ve A, B, C olarak üç sınıfta kategorize edilir. Ani alev noktası, yeterli miktarda buharlaşmış bir gazın bir alevle tuttuğu en düşük sıcaklıktır.

Benzinin ani alev noktası 23°C, Gazyağı, Beyaz Alkol ani alev noktası 23°C nin üzerinde, 55°C nin altındadır. Motorin, Isıtma Yağı 55°C nin üzerinde olmalıdır.

4.2. Yangın Türleri

A tipi yangın: Katı madde yangınları (kağıt, tahta ya da lastik gibi)

B tipi yangın: Sıvı madde yangınları

C tipi yangın: Gaz madde yangınları

D tipi yangın: Hafif metal yangınları (çok nadiren görülür, gemi ve benzeri yerlerde)

E tipi yangın: Elektrik yangınları

4.3. Yangının Söndürülmesi

4.3.1. Katı madde yangınlarının söndürülmesi

Su püskürtmeli ve alev boğulmalıdır. (soğutma etkisi)

4.3.2. Parlayıcı sıvı ya da gaz yangınlarının söndürülmesi

Madde kaynağından kesilmeli ve kuru kimyasal tozlu, köpüklü, karbondioksitli yangın söndürme cihazları aracılığıyla alevler boğulmalı

(ABC tipi kimyevi toz söndürücüler ile) ya da kuru kum veya toprak kullanılmalıdır (bağma etkisi).

4.3.3. Akaryakıt ve petrol ürünlerinden kaynaklanan yangınların söndürülmesi

Kuru kimyasal tozlu ve manometreli yangın söndürücüler kullanılmalıdır.

4.3.4. Elektrikten kaynaklanan yangınların söndürülmesi

Elektrik kapatılmalı ve kuru kimyasal tozlu, karbondioksitli veya BCF (bromklorodiflorometan) buharlaştırıcı sıvı içeren yangın söndürme cihazı kullanılarak alevler boğulmalı ya da kuru kum, toprak kullanılmalıdır. Elektrikli ekipmandan kaynaklanan ya da bunların yakınlarındaki yangınlarda, hiçbir zaman su ya da elektrik ileten türden sıvı kullanılmamalıdır.

4.4. Yangın Söndürme Cihazları

İstasyonlarda kullanılan iki tip yangın söndürme cihazı ve tek kum kovası bulunmaktadır.

4.4.1. Köpük esaslı

Bu söndürücü yayılma ve yangını kaplama özelliğine sahiptir. Yakıt ve sıvı esaslı yangınlarda kullanılabilir.

4.4.2. Gaz esaslı

Gaz tipi (CO₂) karbondioksittir. Elektrik yangınlarda kullanılan bu söndürme cihazlarının kullanımında, soğuk yangının oluşmaması için metal bölüme kesinlikle dokunulmamalı, metal olmayan özel bölüm tutulmalıdır.

İstasyondaki yangın söndürme cihazı türü ve sayısı, resmi yönetmeliklere uygun olmalıdır. Tercihen 6 kg ‘lık kuru kimyasal tozlu yangın söndürme cihazları aşağıdaki sayılarda bulundurulmalıdır.

Her satış binasında en az 2 yangın söndürme cihazı, her pompa için 1 adet yangın söndürme cihazı, Yıkama ve yağlama servisleri için en az 2 adet 6 kg ‘lık yangın söndürme cihazı (bunlar kolayca görülüp ulaşılabilecek şekilde servisin iki ucuna yerleştirilmelidir). Ön sahadakiler dışında market ya da satış odasında da 6 kg ‘lık kuru tozlu bir yangın söndürme cihazı, LPG tank sahasında toplam 25 kg ‘lık 2 adet kuru kimyevi tozlu yangın söndürme cihazı

Bütün yangın söndürme cihazları uygun yerlerde olmalı ve üzerine eşya konulmamalıdır. Yangın söndürme cihazlarının en az 6 ayda bir kontrolü gereklidir. Kontrole gönderilecek cihazlar, uygun bir sahada personele eğitim amacıyla kullanılmalıdır.

Her yangın söndürme cihazı düzenli olarak kontrol ve test edilmeli, imalatçı firmanın tavsiyelerine uygun olarak bakımı yapılmalıdır. Üzerinde test tarihleri bulunmalı ve test tarihinin günü geçirilmemiş olmalıdır.

Manometre göstergeli yangın söndürme cihazlarında manometre sık sık kontrol edilmeli ve göstergenin yeşil bölgede olduğundan emin olunmalıdır. Manometre ibresi kırmızı bölgeye geldiğinde tekrar doldurulmalıdır. Yangın söndürme cihazı kullanılmışsa derhal doldurulmalıdır. Yeterli miktarda kuru kum ve kürek bulundurulmalıdır.

Yangın söndürme cihazları bazen istasyon önünden geçen yol üzerinde yanmakta olan araçlar için talep edilir. Burada kullanılan söndürücüler istasyon emniyetini, tüpler doldurana kadar engellemiş olacaklardır. Bu nedenle devamlı bakımı yapılan 2-3 yangın söndürme cihazının yedek olarak depoda muhafaza edilmesi gereklidir.

5. DÖKÜNTÜ VE SAÇINTILARDA ALINACAK ÖNLEMLER

Bütün akaryakıt döküntü ve saçıntılarında derhal önlem almak gerekir. Akaryakıt satış alanında yakıt sızıntısı olduğu takdirde, temizlemek için kova, kum ve kürek (kum yoksa toprak) kullanılabilir. Taşma dökülme, sızma ve saçıntı su ile akıtılmaz.

Yakıt sızıntıları genelde pompa içlerinde ve tanker boşaltma esnasında oluşur. Bu nedenle pompa içlerinin haftada en az bir kez kontrolü gereklidir.

Tanker boşaltımında da tanker sürücüsünün dolum tamamlanincaya kadar tank dolum sahasından ayrılması gerekir.

Akaryakıt sızıntılarını temizlerken lastik eldiven kullanılmalıdır. Akaryakıt ciltle temas ettiği takdirde, cilt sabun ve sıcak suyla temizlenmelidir.

Bir aracın yakıt deposunu doldururken döküntü veya saçıntı olması halinde; araçtakilere “önlem amacıyla araçtan çıkmaları gerektiği” söylenmelidir. Depo kapağı kapatılmalıdır. Tabanca yerine konulmalı ve pompa kapatılmalıdır. Araçtaki saçıntı silinmelidir. Yere dökülen ürünün üzerine kum veya toprak dökülmelidir. Araç çalıştırılmadan üç ya da dört metre uzağa iletilmelidir. Yakıtı emmiş kum ya da toprak veya emici madde emniyetli bir yere götürülmelidir. Bagaj dahil, araç havalandırılmalıdır. Bir yangın ihtimaline karşı yangın söndürme cihazları hazır bulundurulmalıdır.

6. ACİL DURUM

6.1. Kazalar

6.1.1. Kazayla baş edebilmek için

6.1.1.1. Sakin olunmalı

Bir kaza durumunda, sakın kalmak çok önemlidir. Bu yalnızca doğru şeyleri yapmaya olmakla kalmaz, aynı zamanda diğer insanların paniğe kapılmalarını ve yanlış şeyler yapmalarını önlemeye de yardımcı olur.

6.1.1.2. Durum değerlendirilmeli

Olası kaza durumları için kesin talimatlar vermek mümkün değildir. Ancak başka bir şey yapmadan önce durumun risklerini değerlendirmek gerekir.

6.1.1.3. Olay rapor edilmeli

Gerçekleşen olayın, bilinmesi ve takip edilmesi açısından olay rapor edilmelidir.

6.1.2. Kaza ambulans çağrılacak kadar ciddi ise

Hastanın dinlenmesi ve sakin olması için çalışılmalı, Hastanın yaraları operasyon gerektirdiği takdirde, içecek veya yiyecek verilmeli, tehlikede olmadıkları sürece hastalar hareket ettirilmemeli, İşleticiye haber verilmelidir.

Hasta ilk yardımı reddetme hakkına sahiptir. Ancak skin olduğunda takdirde ikna edilebilir.

6.1.3. Trafik kazasında hasar, akaryakıt dökülmesi ve yangın durumunda

Eğer trafik kazası veya çarpışma gibi nedenlerle araç devrilmiş ya da hareket edemeyecek kadar büyük hasar görmüşse gerekli birimler aranmalıdır.

6.1.3.1. Tanker gözlerinde hasar, çatlak ya da sızıntı varsa

Tanker güveli bir yere çekilmelidir. Sızıntı durdurulmalıdır. Sızıntı veya döküntüde bir yangın tehlikesi varsa, araçtan uzak durulmalıdır. Çevredeki insanlar olay mahalline yaklaştırılmamalıdır. Mümkün olan durumlarda sızıntıyı azaltmak için ürün diğer gözlere veya başka araca aktarılmalıdır. Akaryakıtın kanalizasyonlara ve su kaynaklarına karışması engellenmelidir. Eğer yangın tehlikesi yoksa döküntü kontrol altına alınmaya ve dökülen ürün kumla temizlenmeye boşaltılmalıdır. Sızıntı durdurabildiği ve araç emniyetli bir şekilde hareket edebildiği takdirde ürün acilen tesisata boşaltılmalıdır.

7. SONUÇ

Konu hakkında yapılan araştırmaların sonucunda akaryakıt firmaları, insanlara zarar vermeyen, çevreye karşı duyarlı, doğal kaynakları verimli kullanan, komşularına saygılı davranan ve çalışılan bölgelerdeki topluma katkı sağlamalıdır. Ayrıca akaryakıt dolun tesislerinde ve istasyonlarda emniyetli ve güvenli bir çalışma ortamının sağlanması amacıyla ilgili yönetmeliklerin ve İş sağlığı güvenliği standartlarının öngördüğü kuralları uygulamalı ve uygulamaları takip etmelidir. Böylelikle olası tehlike ve riskleri en aza indirgemeyi hedeflenmelidir.

KAYNAKÇA

Shell & Turcas Petrol A.Ş. 2011 “Çevre, Sağlık, Güvenlik, Emniyet,” kitabı, İstanbul

ORGANİK DENİM KUMAŞLAR

Serin MEZARCIÖZ

Öz: Organik gıdalardan sonra organik tekstil ürünlerinin hızla yaygınlaşmasında, gelecek kuşakları da düşünen sürdürülebilir üretim akımı yanında, sağlıklı ve güvenli giyinme konusunda artan tüketici bilincinin etkisi büyüktür. Organik tekstiller, organik olarak yetiştirilmiş ham maddelerden (liflerden), zararlı kimyasallar ve boyalar kullanmaksızın, çevreye ve çalışanlara saygılı şekilde üretilen tekstil ürünleridir.

Bu çalışmada; sürdürülebilir yöntemlerden birisi olan organik denim üretimi incelenmiş ve organik denim kumaş özellikleri, eşlenik olarak üretilen organik olmayan denim kumaş özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tekstil, Organik denim, Denim kumaş, Sürdürülebilirlik

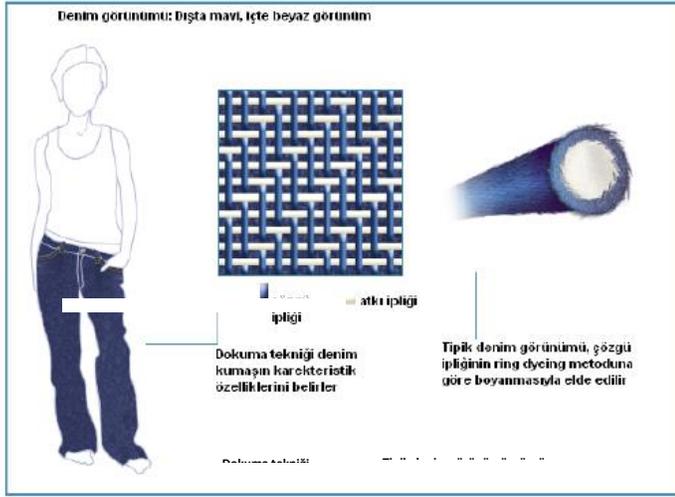
1.Giriş

Denim kumaş, en çok pamuk lifinden üretilen, bunun yanında son yıllarda içeriğinde poliester, elastan, keten ve viskon gibi lifler de kullanılan, klasik tiplerinde atkısı boyasız, çözücü indigo boyarmadde ile boyalı, çeşitli gramajlarda dokunabilen ve geniş desen yelpazesine sahip bir dokuma kumaş cinsidir. Denim, Fransa'nın "Nimes" adlı kasabasında dokunan yün karışımli kumaşlar için kullanılan 'Serge de Nimes' ("Serj dö Nim" olarak okunmakta ve "Nimes şehrinden gelen kabaca dokunmuş dayanıklı kumaş" anlamına gelmektedir) tamlamasından bozularak İngilizceye geçmiş bir kelimedir. Bu kumaşların tarihi 17. yüzyılda Fransa'ya uzanmaktadır. 'Serge de Nimes' denime benzemesine karşın denim kumaşların endüstriyel üretimlerinde yün lifi hiç kullanılmamıştır (Bağırın, 2011).

Denim kumaşlar, çözücü yüzevli dimi doku tipleri ile dokunurlar. En çok 2/1 veya 1/2 ya da 3/1 çözücü dimileri kullanılır. Ayrıca 2/2 dimi veya 1/1 bez ayağı şeklinde dokunan denim kumaşlar da mevcuttur (Çakır, 2010).

Denim kumaşların çözücü indigo boyalı pamuk ipliği, atkısı ise boyanmamış ham pamuk ipliğidir. Çözücü iplikleri; sadece küp boyarmaddelerinin bir üyesi olan indigo ile boyanabildiği gibi, indigo üzerine kükürt ya da kükürt üzerine indigo boyalı da olabilmektedir. Ayrıca son yıllarda denim boyama prosesinde indigo banyosuna farklı renkte direkt veya reaktif boyarmadde grupları eklenerek veya atkı iplikleri dokuma öncesi boyanarak, dikilmiş mamulün yıkama işlemleri sonrası farklı renk nüanslarına sahip olması da sağlanabilmektedir. Şekil 3.1de denim kumaş görünümü ve indigo boyarmaddesiyle halka boyama metoduna göre boyanmış çözücü ipliği görülmektedir (Bağırın, 2011).

Ş
ekil
1.
Denim
kumaş



aş görünümü

Denim kumaşların gramajları 250-500 g/m² arasında değişir. Gramaj ons (1 oz/yd² = 33.88 g/m²) olarak belirtilir. Ons cinsinden gramajları ise 5.5-14.5 oz/yd² aralığında olmaktadır. Denim kumaşların ön ve arka yüzey görünümleri farklı olup; ön yüzeyde indigo boyalı çözgü iplikleri, arka yüzeyde ise beyaz atki iplikleri yer almaktadır (Çetiner, 2006).

Çevre ve insan sağlığı bilincinin artması, tüm sanayi kolları ile beraber tekstil sektörünü de etkilemiştir. Tekstil mamullerinin, çevre ve insan sağlığına zarar vermeden, ekolojik olarak üretilmeleri önem kazanmıştır. Elyaftan itibaren bitmiş ürüne kadar tüm tekstil üretim aşamalarında, çevre ve insan sağlığına zarar vermeyen ürünler, Pazar payını giderek arttırmaya başlamış ve organik tekstil adı altında marketlerde yerini almıştır. Organik tekstil üretimi, ham elyaf üretiminden, iplik, dokuma, örme, terbiye, bitim işlemleri ve konfeksiyona kadar olan tüm üretim aşamalarını kapsamaktadır. Bu aşamalarda, en yaygın doğal elyaf türü olarak, tarımsal üretimde çevre ve insan sağlığına zararlı gübre ve zirai ilaçlar kullanılmadan üretilen organik pamuk kullanılmaktadır. Organik üretim metotları ve üretimin tüm aşamaları, Avrupa Birliği'nde yayımlanmış olan EEC Regulation No:2092/91 yönetmeliğine göre oluşturulmuştur. Ülkemizde de, AB'deki bu gelişmelere uyum sağlamak üzere, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarafından, 'Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik' resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik çerçevesinde, bakanlık tarafından yetkilendirilen 'Kontrol ve

Sertifikasyon Kuruluşları’, organik hammadde veya ürünün, üretiminden tüketiciye ulaşıncaya kadar olan tüm aşamalarını kontrol edip sertifikalandırmaktadırlar (Sefer, 2009).

Öte yandan organik tekstil, sektörde yeni bir soluk olmanın yanı sıra moda dünyasını da etkilemektedir. Bu yeni ve doğa hassasiyetine vurgu yapan anlayış “etik moda” olarak adlandırılmakta ve etkisi her geçen gün artmaktadır. Son zamanlarda oldukça sık konuşulan bu kavram, giydiğimiz kıyafetleri, kullandığımız tekstil ürünlerini üreten insanları ve çevreyi dikkate alarak, ürün tercihlerini belirlemek anlamına gelmektedir. Etik modayı takip edenler, aldıkları bir elbise, ayakkabı ya da pantolonun; nerede, nasıl ve kim tarafından, hangi koşullarda yapıldığını düşünerek karar vermektedir. Söz konusu tüketici grubunda, çevreci yaklaşımın yanında ürünlerin yumuşaklığı da tercih nedenlerinin başında gelmektedir. Organik tekstil ürünleri, diğer ürünlere nazaran çok daha yumuşaktır ve bu özelliğini sürekli olarak koruyabilmektedir.

(<http://www.kobifinans.com.tr/tr/sektor/011502/15412>).

Çizelge 2.1 Klasik Pamuk İle Organik Pamuk Arasındaki Farklar (Tarakçıoğlu, 2008)

| İşlem | Klasik pamuk | Organik pamuk |
|------------------------|---|--|
| Tohum hazırlığı | Normal olarak tohumlar Fungisid ve insectisidlerle işlem görür. GMO(GDO) tohum kullanımı serbesttir. | İşlem görmemiş ve mümkünse organik tohum kullanılır. GMO(GDO) tohum kullanımı yasaktır. |
| Toprak & Su | Sentetik gübre kullanılır. Daha ziyade uygulanan monokültür ürün yetiştirme nedeniyle toprak zayıftır. Yeterli yağmur almayan bölgelerde yoğun sulama gereklidir. | Ürün rotasyonu uygulanarak toprağın kuvvetli olması sağlanır. Organik tarım yönetmeliği bölümünde yer alan organik gübre ve toprak iyileştiricilerin kullanımı serbesttir. Topraktaki artan organik madde sayesinde su daha iyi tutulmakta ve daha az sulama gerekmektedir. |
| Yabancı otlarla | Yabancı ot çıkmasını önlemek için herbisid | Yabancı otlar kimyasal yöntemlerden ziyade, fiziksel yöntemlerle uzaklaştırılırlar. |

| | | |
|----------------------------------|--|---|
| mücadele | uygulanır. Çıkan yabancı otları öldürmek için defalarca herbisid uygulanır. | Yabancı ot durumu, sürme ve elle çapalama yoluyla kontrol altında tutulur. |
| Zararlı haşerele mücadele | En yaygın kullanılan 9 tanesi yüksek derecede zehirli olan insektisidler sırt pompalarıyla veya uçaktan püskürtülerek uygulanırlar. | Zararlı haşereyle onların düşmanları haşereler sağlıklı toprak sayesinde dengede tutulurlar. Faydalı ve zararlı haşereler, biyolojik ve kültürel uygulamalarla kontrol altında tutulurlar. Zararlı haşereleri pamuktan uzak tutmak için tuzak bitkilerden faydalanılabilir. |
| Hasat | Makinelili hasat öncesi kozaların açılmasını kontrol altında tutmak ve yaprakların kuruyup dökülmesini sağlamak için, büyüme regülatörü, desikkant ve defolyant gibi zehirli kimyasal maddeler kullanılır. | Elle toplamada yaprakların dökülmesine ihtiyaç yoktur. Makinelili hasatta yaprakların dökülmesi için mevsim değişikliğine bağlı donmadan faydalanılır. Su yönetimiyle yaprak dökülmesi sağlanır. Yapraklar, termal yaprak yok ediciyle yakılır. |

Organik denim, pamuğun üretiminden boyanmasına kadar tüm süreç ekolojik standartlara göre belirlenmektedir. Organik denim üretiminin yapılacağı **toprakta en az üç sene kimyasal kullanılmamış olması** gerekmektedir. Üretim esnasında hiçbir tekstil kimyasalının kullanılmaması ve ipliğin boyanmasında doğa ile dost boyar maddeler kullanılması organik denimin diğer özellikleri arasında yer almaktadır. Ayrıca tüm bu özellikler kumaş sertifikaları ile belgelendirilmektedir (<https://www.yesilist.com/daha-iyi-bir-dunya-icin-surdurulebilir-kot-uretimi/>).

Organik pamuğun sürdürülebilir tekstil üretimi açısından yararları aşağıdaki gibidir:

- % 100 çevre dostudur.

• Doğal, kimyasal içermeyen üretim süreci ile toprak ve su kirliliğini önemli ölçüde azaltır.

• Kimyasalların kullanılmaması nedeniyle biyoçeşitliliğin korunmasına yardımcı olur.

• Su kaynaklarının daha etkin kullanılmasını sağlar.

• Doğal ve yumuşak bir doku kalitesi vardır.

• Tıbbi ve hijyen amaçlı teknik tekstillerin üretimine oldukça uygundur.

• İnsan teninde alerjiye ya da tahrişe neden olmaz.

• Kimyasalların yol açtığı kanserojen etkilere maruz kalınmaz.

• Organik Pamuk, pamuklu ürünlerden beklediğiniz tüm konfor özellikleri ve doku yapısını sağlar (Kalkancı, 2017).

Bu çalışmada, organik pamuk ve standart pamuk elyafından eşlenik olarak üretilen ipliklerden aynı doku tipinde üretilen 6 adet denim kumaşa çeşitli fiziksel ve performans testleri uygulanarak organik ve organik olmayan denim kumaşların fiziksel ve performans farklılıkları tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca iplik özellikleri de karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metod

Çalışmada organik ve organik olmayan pamuk elyafı, elastan ve polyester elyafı ile farklı oranlarda karıştırılarak, 3 farklı numarada (Ne 8/1, Ne 10/1 ve Ne 13,5/1) eşlenik iplikler üretilmiş, bu ipliklerden D 3/1 deseninde kumaşlar üretilmiştir. Üretilen ipliklere ait özellikler ve test sonuçları Çizelge 2’de, kumaşlara ait konstrüktif özellikler Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2. Üretilen organik ve organik olmayan ipliklere ait özellikler

| No | İplik | Ne | U % | C Vm | H | 50 % İnce Yer /km | 50% K alın Yer /km | Ko pma uzaması (%) | Rk m (kg f*Nm) | K opma k uvvet i (g f) |
|---------|--------|---------------|-----------|---------------|----------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------------------|
| 1 | Ç özgü | 1 2,8 2 | 1 1,93 | 1 5,1 7 | 7 ,98 | 6 ,5 | 2 92,5 | 7,1 4 | 15, 97 | 7 25,4 |
| | A tkı | 9 ,87 | 1 0,87 | 1 3,8 7 | 7 ,74 | 0 ,6 | 1 83,1 | 7,9 8 | 16, 41 | 9 69,3 |
| 1 -O | Ç özgü | 1 2,8 2 | 1 1,93 | 1 5,1 7 | 7 ,98 | 6 ,5 | 2 92,5 | 7,1 4 | 15, 97 | 7 25,4 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-----------|---------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | A tkı | 9 ,87 | 1 0,87 | 3,8 7 | 1 ,74 | 0 ,6 | 1 83,1 | 7,9 8 | 16, 41 | 9 69,3 |
| 2 | Ç özgü | 8 ,4 | 1 1,94 | 5,4 2 | 1 ,87 | 0 | 1 25,3 | 7,2 4 | 18, 6 | 1 324 |
| | A tkı | 1 2,5 2 | 1 0,47 | 3,2 9 | 1 ,71 | 0 | 9 8,5 | 8,4 5 | 16, 32 | 7 71,2 |
| -O | Ç özgü | 8 ,24 | 1 1,14 | 4,5 1 | 1 ,36 | 0 | 6 7,5 | 7,2 6 | 19, 68 | 1 401 |
| | A tkı | 1 2,1 1 | 1 2,07 | 5,3 4 | 1 ,32 | 8 ,8 | 2 77,8 | 2 5 | 8,3 85 | 7 01,7 |
| 3 | Ç özgü | 1 3,5 | 1 7,74 | 2,4 2 | 2 ,67 | 7 8,5 | 1 18 | 4 3 | 5,3 0 | 19, 34 |
| | A tkı | 2 0,0 | 1 0,57 | 3,4 7 | 1 ,54 | 5 0 | 2 1 | 11, 05 | 15, 61 | 5 42 |
| -O | Ç özgü | 1 3,3 5 | 1 6,69 | 1,0 7 | 2 ,68 | 7 2 | 2 32 | 2 4 | 6,2 2 | 19, 39,7 |
| | A tkı | 2 0,0 | 1 0,08 | 2,8 6 | 1 ,56 | 5 0 | 4 1 | 9,6 2 | 17, 8 | 5 40 |

İplik Numara Testi, Uster Autosorter cihazıyla yapılmıştır.

İplik düzgünsüzlüğü, ipliğin uzunluğu boyunca görülen kütesel değişim olarak tanımlanmakta ve iki şekilde ifade edilmektedir. Bunlardan biri % U ile gösterilen ortalama sapma yüzdesi, diğeri ise % CV ile ifade edilen değişim katsayısıdır ve aralarında “% CV=1. 25x % U” şeklinde bir ilişki vardır.

İplik Düzgünsüzlüğü Testi (U %, CVm %, -40% İnce Yer /km, -50% İnce Yer /km, +50% Kalın Yer /km, +70% Kalın Yer /km ve H iplik tüylülüğü değerleri) Uster Tester 4 cihazıyla yapılmıştır.

• İplik Mukavemeti Testi (Kopma zamanı - Time to Break (s), Kopma kuvveti - B-Force (gf), Kopma Uzaması – Elongation (%), İplik Mukavemeti - Rkm (kgf*Nm))Uster Tensorapid cihazıyla yapılmıştır.

3.Değerlendirme ve Sonuçlar

İplik test sonuçları değerlendirildiğinde 1 numara ile belirtilen 98/2

| Ku maş | ön işlem | apre reç | germe sıcaklı |
|-----------|----------|----------|------------------|
|-----------|----------|----------|------------------|

CO/EA ve 98/2 ORG.CO/EA karışımli ipliklerin test sonuçları aynı çıkmıştır. 2 numara ile belirtilen 97/3 CO/EA ve 97/3 ORG.CO/EA karışımli ipliklerin test sonuçlarına göre; Organik pamuk kullanılan iplikte çözgü ipliğinin düzgünlük ve tüylülük değeri çok az miktarda azalırken, atkı ipliğinin söz konusu değerleri artmıştır. İnce yer hatası çok değişim göstermezken, kalın yer hatasında yine atkı ipliğinde artış olmuştur. Çözgü ipliklerinin kopma uzaması, Rkm ve kopma kuvveti değerlerindeki değişiklik çok fazla olmamakla birlikte, organik atkı ipliklerinde bu değerlerde daha belirgin bir azalma tespit edilmiştir.

3 numara ile belirtilen 84/16 CO/PES ve 84/16 ORG.CO/PES karışımli ipliklerin test sonuçlarına göre; organik ve organik olmayan çözgü ve atkı ipliklerinin düzgünlük ve tüylülük değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Hem atkı hem de çözgü organik ipliğin kalın yer hatasında düşme, Rkm ve kopma uzaması değerlerinde ise artış gözlenmiştir.

Çizelge 3. Kumaş özellikleri

| Ku maş no | Hammadde | Çö zgü Ne | Atk ı Ne | Çözgü sıklığı | Atkı sıklığı | m ² ağırlığı |
|-----------------|---------------------|--------------|-------------|------------------|-----------------|----------------------------|
| 1 | 98/2 CO/EA | Ne 10 | Ne 13 | 28,0 tel/cm | 18,0 tel/cm | 332 |
| 1- O | 98/2 ORG.CO/EA | Ne 10 | Ne 13 | 28,0 tel/cm | 18,0 tel/cm | 353 |
| 2 | 97/3 CO/EA | Ne 8,3 | Ne 12,5 | 25,0 tel/cm | 20,0 tel/cm | 402 |
| 2- O | 97/3 ORG.CO/EA | Ne 8,3 | Ne 12,5 | 25,0 tel/cm | 20,0 tel/cm | 406 |
| 3 | 84/16 CO/PES | Ne 13,5 | Ne 20,4 | 33,0 tel/cm | 20,0 tel/cm | 299 |
| 3- O | 84/16 ORG.CO/PES | Ne 13,5 | Ne 20,4 | 33,0 tel/cm | 20,0 tel/cm | 295 |

CO: pamuk, ORG.CO:organik pamuk, EA:elastan, PES:polyester

Üretilen tüm kumaşlar aşağıdaki terbiye işlemlerinden geçirilmiştir.

Çizelge 4. Kumaşlara uygulanan terbiye işlemleri

| no | | | | ğı (°C) | |
|------------|-----------------|-----------------------|-----------------|---|-----|
| 1 | çift yüz yıkama | 28 bome merserizasyon | 40° C yıkama | apre reç: 10 gr yumuşatıcı+ 1 gr ıslatıcı ve asetik asit | 185 |
| 1-0 | çift yüz yıkama | 28 bome merserizasyon | 40° C yıkama | apre reç: 10 gr yumuşatıcı+ 1 gr ıslatıcı ve asetik asit | 185 |
| 2 | ön yüz yıkama | 28 bome merserizasyon | 50° C yıkama | apre reç: 10 gr yumuşatıcı+ 1 gr ıslatıcı ve asetik asit | 185 |
| 2-0 | ön yüz yıkama | 28 bome merserizasyon | 50° C yıkama | apre reç: 10 gr yumuşatıcı+ 1 gr ıslatıcı ve asetik asit | 185 |
| 3 | ön yüz yıkama | 28 bome merserizasyon | 40° C yıkama | apre reç: 10 gr yumuşatıcı+ 1 gr ıslatıcı ve asetik asit | 187 |
| 3-0 | ön yüz yıkama | 28 bome merserizasyon | 40° C yıkama | apre reç: 10 gr yumuşatıcı+ 1 gr ıslatıcı ve asetik asit | 187 |

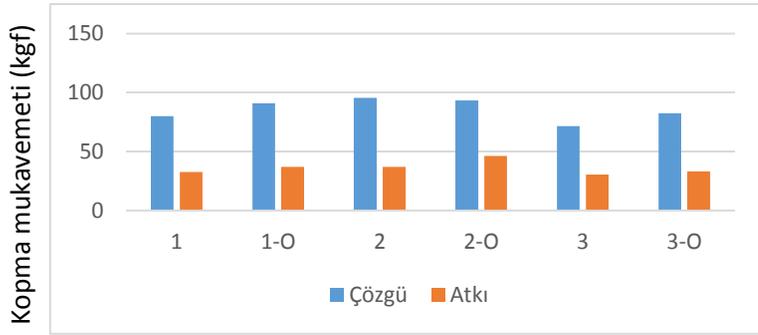
Çizelge 4'te de görüldüğü gibi, eşlenik olarak üretilen organik ve organik olmayan denim kumaşlar aynı terbiye proseslerinden geçmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada sadece hammaddeden kaynaklı farklılıkları tespit edilmeye çalışılacaktır.

Organik ve organik olmayan hammaddelerden üretilen kumaşlara kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, elastikiyet ve uzama, pH, sürtünme haslığı, ter haslığı, su haslığı ve yıkama haslığı testleri uygulanmıştır. Uygulanan testler ve standartları Çizelge 5'de verilmiştir.

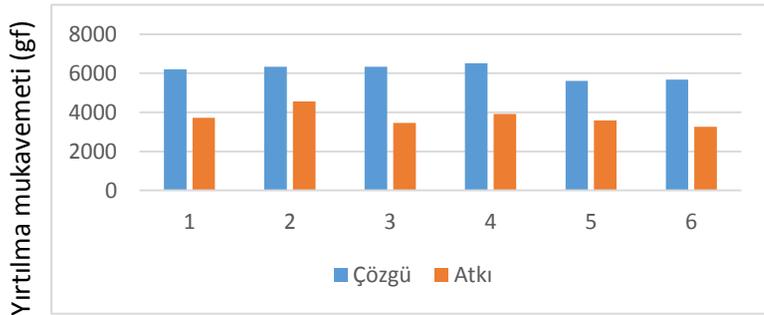
Çizelge 5. Uygulanan testler ve standartları

| Test adı | Test standardı |
|-----------------------|------------------------|
| Kopma mukavemeti | TS EN ISO 13934-1:2002 |
| Yırtılma mukavemeti | TS EN ISO 13937-1:2001 |
| pH tayini | TS EN ISO 3071 |
| Sürtünme haslığı | AATCC 8 |
| Ter haslığı | ISO 105 E04 |
| Su haslığı (37°C) | ISO 105 E01 |
| Yıkama haslığı (40°C) | ISO 105 C06 |

Kopma mukavemeti:



Yırtılma mukavemeti:



Test sonuçları incelendiğinde, her üç kumaş türünde de organik hammaddeden üretilmiş kumaşların hem atkı hem de çözgü yönünde daha yüksek mukavemet değerlerine sahip oldukları görülebilmektedir.

Aynı örgü yapısına sahip kumaşlarda, kumaş mukavemetini etkileyen en önemli faktörlerden birisi iplik mukavemetidir. Her bir eşlenik kumaşı oluşturan atkı ve çözgü ipliklerinin mukavemet değerleri birbirlerine yakın olduğundan, söz konusu organik ipliklerden üretilen kumaşlardaki kopma ve yırtılma mukavemeti değerlerindeki artışın organik ipliğin yumuşak tutumundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

pH tayini:

Özellikle, bebek giysilerinde ve doğrudan vücutla temas eden giysilerde pH değerinin ulusal ve uluslararası standartlarda olması gerekmektedir. pH testi sonuçlarına göre (Çizelge 6) , A2 ve B2 kodlu organik numunelerin pH değerleri organik olmayan eşleniklerinden çok az da olsa daha yüksek olarak tespit edilmişken C1 ve C2 kodlu numunelerin pH değerleri eşit çıkmıştır. Tekstil maddelerinin, doğal yapılarından kaynaklanan farklılıkların yanında ham maddeden ürün hâline gelinceye kadar uygulanan kimyasal işlemler sonucunda da pH değeri değişmektedir. Bu çalışmada numunelere uygulanan yaş terbiye işlemleri aynı olduğundan, pH sonuçlarının aynı ya da birbirine çok yakın değerlerde olması beklenen bir sonuçtur. Yine de en büyük pH değeri farklılığın görüldüğü A1 ve A2 numunelerinde normal pamuğun daha bazik karakterde olduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 6. Numunelerin pH değerleri

| Numune no | pH değeri |
|-----------|-----------|
| 1 | 3,7 |
| 1-O | 4,8 |
| 2 | 4,8 |
| 2-O | 4,9 |
| 3 | 4,8 |
| 3-O | 4,8 |

Haslık testleri:

Organik ve organik olmayan numunelerin haslık değerleri arasında farklılık görülmemiştir (Çizelge 7-12).

Çizelge 7. 1 nolu kumaşın haslık testleri

| METHO D | Renk haslığı | Renk Değişimi | Lekeleme | | | | | | |
|-------------|------------------|---------------|----------|-------|----------|-----------|---------|-----|-----|
| | | | Asetat | Pamuk | Polyamid | Polyester | Akrilik | Yün | |
| ISO 105 E04 | Terleme (Asit) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 E04 | Terleme (Alkali) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 E01 | Su (37°C) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 C06 | Yıkama (40°C) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| AATCC 8 | Sürtünme | Kuru | 4-5 | | | Yaş | 1-2 | | |

Çizelge 8. 1-O nolu kumaşın haslık testleri

| METHOD | Renk Haslığı | Renk Değişimi | Lekeleme | | | | | |
|-------------|------------------|---------------|----------|-------|----------|-----------|---------|-----|
| | | | Asetat | Pamuk | Polyamid | Polyester | Akrilik | Yün |
| ISO 105 E04 | Terleme (asit) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 E04 | Terleme (alkali) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 E01 | Su (37°C) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 C06 | Yıkama (40°C) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| AATCC 8 | Sürtünme | Kuru | 4-5 | | | Yaş | 1-2 | |

Çizelge 9. 2 nolu kumaşın haslık testleri

| METHOD | Renk Haslığı | Renk Değişimi | Lekeleme | | | | | |
|-------------|------------------|---------------|----------|-------|-----------|-----------|---------|-----|
| | | | Asetat | Pamuk | Polyamide | Polyester | Akrilik | Yün |
| ISO 105 E04 | Terleme (Asit) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 E04 | Terleme (Alkali) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 E01 | Su (37°C) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 C06 | Yıkama (40°C) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| AATCC 8 | Sürtünme | Kuru | 4-5 | | | Yaş | 2-3 | |

Çizelge 10. 2-O nolu kumaşın haslık testleri

| METHOD | Renk Haslığı | Renk Değişimi | Lekeleme | | | | | |
|-------------|------------------|---------------|----------|-------|----------|-----------|---------|-----|
| | | | Asetat | Pamuk | Polyamid | Polyester | Akrilik | Yün |
| ISO 105 E04 | Terleme (Asit) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 E04 | Terleme (Alkali) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 E01 | Su (37°C) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 C06 | Yıkama (40°C) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| AATCC 8 | Sürtünme | Kuru | 4-5 | | | Yaş | 2-3 | |

Çizelge 11. 3 nolu kumaşın haslık testleri

| METHOD | Renk Haslığı | Renk Değişimi | Lekeleme | | | | | |
|-------------|-----------------|---------------|----------|-------|----------|-----------|---------|-----|
| | | | Asetat | Pamuk | Polyamid | Polyester | Akrilik | Yün |
| ISO 105 E04 | Terleme (Asit) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 E04 | Terleme(Alkali) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 E01 | Su (37°C) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO 105 C06 | Yıkama (40°C) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| AATCC 8 | Sürtünme | Kuru | 4 | | | Yaş | 1-2 | |

Çizelge 12. 3-O nolu kumaşın haslık testleri

| METHOD | Renk Haslığı | Renk Değişimi | Lekeleme | | | | | |
|--------|--------------|---------------|----------|-------|----------|-----------|---------|-----|
| | | | Asetat | Pamuk | Polyamid | Polyester | Akrilik | Yün |

| | | | | | | | | | |
|---------|-----|------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ISO E04 | 105 | Terleme (Asit) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO E04 | 105 | Terleme (Alkali) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO E01 | 105 | Su (37°C) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| ISO C06 | 105 | Yıkama (40°C) | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| AATCC 8 | | Sürtünme | Kuru | 4-5 | | | Yaş | 2 | |

SONUÇ

Tüketicilerin “çevreyle dost” ve “sorumlu” tüketime ilgisi, organik pamuğu, tarım ilaçları ve diğer toksik maddeler ile işlenerek yetiştirilen pamuğa alternatif olarak ortaya çıkarmıştır.

Sürdürülebilir üretim için yeni pazar olanakları gelişmekte ve tüketiciler alışveriş konusunda yaptıkları seçimlerin hammadde kullanımını ve bir ürünün üretim biçimini etkileyebileceğinin giderek daha çok farkına varmaktadır. Organik pamuk, çevre üzerinde çok fazla olumsuz etki yaratmayan metotlar ve malzemeler (sentetik kimyasal tarım ilaçları, sentetik gübreler ve genetik olarak değişikliğe uğratılarak üretilen organizmalar- GDO) kullanılarak üretilmektedir. Bu metodla toprağın verimi korunmakta, toksik ve inatçı tarım ilaçlarının ve gübrelerin kullanımı azalmakta ve zaman içinde biyolojik açıdan farklılık arz eden tarımsal koşulların oluşması sağlanmaktadır.

Organik pamuk ve normal pamuk kullanılarak eşlenik olarak üretilen ipliklerin ve denim kumaşların test sonuçlarının birbirlerine oldukça yakın çıkması, organik pamuk ve normal pamuk özelliklerinin çok farklı olmadığı, işletmelerin normal pamuğa alternatif olarak organik pamuk kullanarak benzer kalite özelliklerine sahip ürünler üretebileceği söylenebilmektedir.

KAYNAKÇA

Bağır, C. (2011). Denim yıkamada karşılaşılan sorunlar ve bunlara yönelik çözüm önerileri, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, s.293.

Çakır, N. (2010). Kot pantolon üretiminde bitim işlemlerinin ve farklı denim kumaşların fit üzerine etkileri, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, s.99.

Çetiner, S. (2006). Seçilmiş denim kumaş ve dikiş ipliklerinde yıkama işleminin dikiş performansı üzerindeki etkisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, s.48.

Sefer, O., Çevre dostu organik denim terbiyesinin klasik denim terbiyesiyle karşılaştırılması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, 2009, s.200.

Kalkancı, M., Sürdürülebilir tekstil üretiminde “organik pamuk” ve Önemi, Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2017 Cilt 2 Sayı 3, 14-23.

TS EN ISO 13934-1 Tekstil - Kumaşların gerilme özellikleri - Bölüm 1:En büyük kuvvetin ve en büyük kuvvet altında boyca uzamanın şerit yöntemiyle tayini, 2013.

TS EN ISO 13937-1 Tekstil - Kumaşların yırtılma özellikleri- Bölüm 1: Balistik sarkaç metodu ile yırtılma kuvvetinin tayini, 2002.

TS EN ISO 3071 Tekstil - Sulu özütte ph tayini, 2006.

<http://www.kobifinans.com.tr/tr/sector/011502/15412>, Web sayfası, Erişim tarihi: Mayıs 2018.

Tarakçıoğlu, I., 2008, Organik Pamuk ve Tekstil Sanayi, İstanbul Ticaret Odası, 28s, 151s.

<https://www.uster.com/>, Web sayfası, Erişim tarihi: Mayıs, 2018.

<https://www.yesilist.com/daha-iyi-bir-dunya-icin-surdurulebilir-kot-uretimi/>, Web sayfası, Erişim tarihi: Mayıs 2018.

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARI-TEKSTİL SEKTÖRÜ ÖRNEĞİ

Serin MEZARCIÖZ, R.Tuğrul OĞULATA

Öz: Bu çalışmada, tekstil sektöründeki iş sağlığı ve güvenliği tehlikeleri irdelenerek, özel bir tekstil fabrikasında mavi yaka pozisyonlarında görevli çalışanlara, iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı ile ilgili bazı sorular yöneltilmiştir. Çalışanların iş yerinde karşılaştıkları rahatsız edici durumlar belirlenmiş ve iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili mevzuat hakkındaki bilgileri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İş sağlığı ve güvenliği, tekstil, isg mevzuatı.

1.Giriş

Uzun süren mevzuat çalışmaları nihayetinde gerek mevzuattaki eksiklikler gerek Avrupa Birliği adaylığımız, uluslararası taahhütlerimiz ve ülkemizin saygın toplumlar arasına girme isteği doğrultusunda kamuoyunun görüşleri de alınarak hazırlanan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu 30 Haziran 2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Kanunda büyük ölçüde caydırıcı cezalar bulunsa da proaktif anlayışı genel itibarı ile benimsemiştir (www.csgb.gov.tr).

Bir işletme veya kuruluş içerisinde her bireyin sahip olduğu yetenek, bilgi seviyesi ve uzmanlık alanına göre farklı görev, yetki ve sorumlulukları vardır. İşverenden mühendisine, mühendisten işçisine kadar her birey iş hayatı içerisinde üretim ve sürdürülebilirliğin ana mekanizmalarıdır. Bu sebeple çalışma hayatında iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin tam olarak, kapsamlı şekilde ve eksiksiz olarak alınması gerekmektedir. Çalışanları, çalışma ortamının olumsuz ve kötü etkilerinden olabildiğince korumak, rahat, sağlıklı bir işyerinde güvenli şekilde çalışmalarını sağlamak ve bu sayede iş kazası ve/veya meslek hastalıklarından korunmalarını sağlamak oldukça önemlidir. Aksi durumda sağlıksız çalışma ortamı, güvenli olmayan hareketler, zaman baskısı, eğitimsizlik ve disiplinsizlik gibi nedenlerden dolayı çeşitli iş kazaları ve meslek hastalıkları meydana gelmektedir (Aygün, 2017).

Tekstil sektöründe kullanılan yapıştırıcılar, boymaddeler, solventler gibi çok çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. İplik, dokuma- örme işletmelerinde tehlikeli kimyasal kullanımı nadirken terbiye ve konfeksiyon işletmelerinde çok çeşitli ve tehlikeli kimyasallar kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasalların bazılarının insan sağlığına etkileri biliniyorken, bazılarınının sadece tahmin edilmektedir. Bu yüzden kimyasallarla çalışmalarda, işçilerin periyodik sağlık kontrollerinin yapılması ve önlenebilecek hastalıkların önceden teşhis edilmesi çok önemlidir.

Pamuklu tekstil ürünlerinin üretimi sırasında tüm aşamalarda pamuk tozu ortaya çıkmaktadır. Fakat pamuk işlendikçe ortaya çıkan toz miktarı azalır. Pamuk tozu en fazla çırçırılama, harman-hallaç gibi ilk

basamaktaki işlerde ortaya çıkarken, konfeksiyon aşamasına gelindiğinde ortaya çıkan pamuk tozu daha azdır. Bu nedenle, çırçırılama ve iplik yapımı işlerinin yapıldığı işyerlerinde pamuk tozuna karşı daha ciddi önlemler alınmalıdır. Pamuk tozunun ortaya çıktığı alanlarda çalışanların toz maskesi kullanması zorunludur.

Tekstil sektöründe gürültü, aynı toz gibi, iplik, dokuma, örme proseslerinde daha çok ortaya çıkmaktadır. Gürültülü makinelerin kullanıldığı alanlarda çalışan işçilerin çalışma planları yapılırken sürekli gürültülü ortamlarda bulunmamasına dikkat edilmelidir.

Tekstil sektörünün her aşamasında makineler kullanılır. Ancak, iplik, dokuma, örme işletmelerinde kullanılan makineler konfeksiyon atölyelerindekilerden çok daha büyük ve tehlikeli makinelerdir. Yine de kullanılan makinelerin tümünün güvenli bir şekilde kullanılması bir zorunluluktur. Makinelerin döner ve hareketli kısımlarının çalışanların el ve kollarını kaptırmaması için saklanması gereklidir. Ayrıca konfeksiyonda kullanılan pres ütüleme makinelerinin de çift el kumanda sistemi ile çalışmaları çalışanın el veya kolunun presler arasına sıkışmasını engellemektedir. Konfeksiyonda kullanılan dikiş makinelerinin iğne fırlamasına karşı iğne koruyucuları bulunmalıdır. Kullanılan el aletlerinin de koruyuculu olanları tercih edilmelidir.

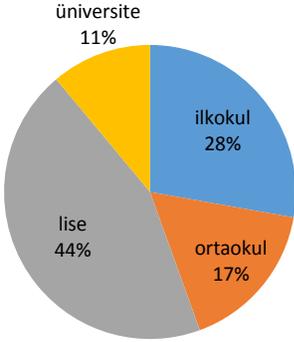
Tekstil sektöründe pek çok farklı kaynak yangın tehlikesi oluşturur. Kimyasallar, elektrik ve en önemlisi elyaf bu işyerlerinde yangın çıkmasına neden olabilir. Çıkabilecek küçük bir yangın elyafın kolay yanabilirliği yüzünden hemen büyüyebilir. Bu nedenle, elyafın biriktirildiği alanlarda yapılan çalışmalara özellikle dikkat edilmelidir. Burada statik elektrik kaynaklı yangınlar çıkmaması için kullanılan aletler topraklanmış olmalıdır. Ayrıca elektrik panolarında biriken toz ve tüylerde bir kaçak olduğu durumda kolaylıkla yangın çıkabilmektedir. Kullanılan kimyasalların yanlış karıştırılmasından kaynaklanan yangınlar hatta patlamalar yaşanabilmektedir (<https://www.isguvenligi.net>).

2. Araştırma ve Sonuç

Bu çalışmada, Adana'da faaliyet gösteren entegre bir firmada iplik-dokuma ve terbiye bölümlerinde çalışan 37 adet mavi yaka çalışanlarına bazı sorular yöneltilerek çalıştıkları ortam ve İSG mevzuatı hakkındaki bilgileri irdelenmiştir.

Ankete katılan mavi yaka çalışanları 19-47 yaş aralığında olup, 34 tanesi kadın 3 tanesi erkek çalışandan oluşmaktadır. Tüm çalışanlara; eğitim durumları, çalıştıkları ortama yönelik şikayetleri, İSG yasal mevzuatı hakkındaki bilgileri, 6331 sayılı kanun uyarınca yasal yükümlülükleri hakkındaki bilgileri ve iş kazaları ve meslek hastalıkları hakkındaki bilgilerini sorgulamak üzere bazı sorular yöneltilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışmada uygulanan anket soruları



6. Bu şikayetinizle ilgili sağlık hizmeti alıyor musunuz?

Evet Hayır

7. Çalıştığınız işletmede işyeri hekimi var mı?

Evet Hayır

8. İşyerinizde sunulan sağlık hizmetinden memnun musunuz?

Evet Hayır

9. Görevinizden dolayı sağlıkla ilgili belirli riskleriniz var mı?

Evet Hayır

10. Cevabınız "evet" ise bu riskler nelerdir?

11. Çalıştığınız ortam sizce sağlık açısından uygun mu?

Evet Hayır

12. Cevabınız "hayır" ise bunun sebebi nedir?

Ortamın sıcaklığı

Ortamın gürültüsü

Ortamın nemi

Ortamın aydınlatması

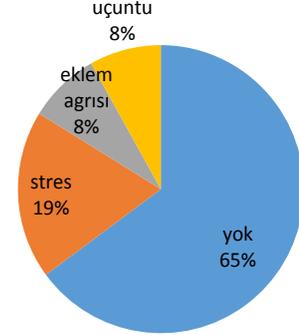
Ergonomik açıdan uygunsuzluk

Çalışma sırasında kullanılan kimyasal maddeler

Diğer

Diğer (.....)

Çalışanların verdiği cevaplar ve değerlendirme aşağıda verilmiştir.



16. Çalışma ortamı sizce güvenli mi?

Evet Hayır

17. Cevabınız "hayır" ise bunun nedenini açıklayınız.

18. İşletmenizde işçi sağlığı ve iş güvenliği kurulu var mı?

Evet Hayır

19. Çalışma sırasında iş güvenliği açısından özel bir iş elbisesi veya aracı (gözlük, maske, eldiven gibi...) kullanıyor musunuz?

Evet Hayır Hayır

20. Cevabınız "evet" ise ne kullandığınızı yazınız.

21. Makinede çalışıyorsanız makinanızda koruyucu var mı?

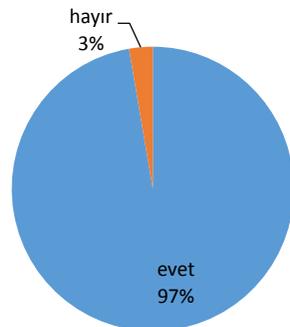
Evet Hayır Olmuyor

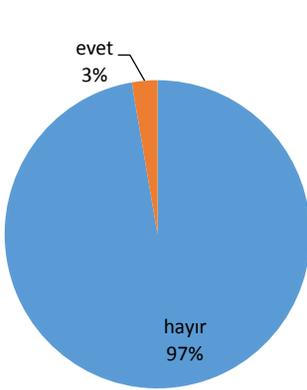
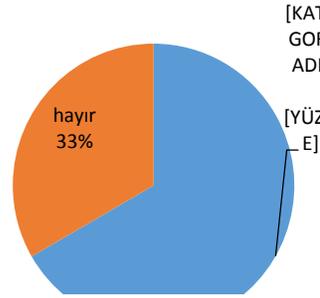
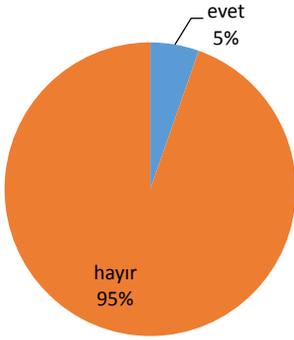
22. Makinenizde koruyucunun neden gerekli olduğunu biliyor musunuz?

Evet Hayır

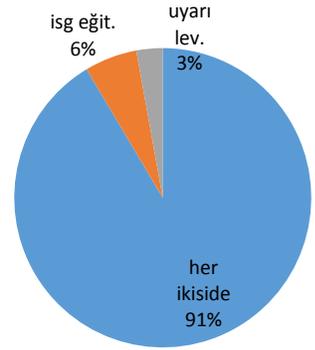
23. Makinenizde koruyucu olmadığında iş kazası olacağını düşünüyor musunuz?

Evet Hayır

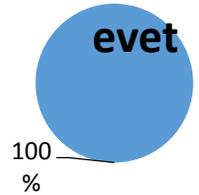
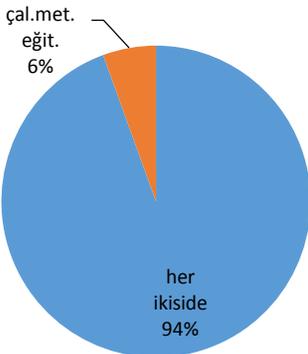




İş kazası geçirdiniz mi?

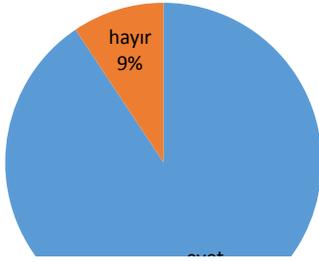


Şekil 9. İş kazası geçirdiniz mi?

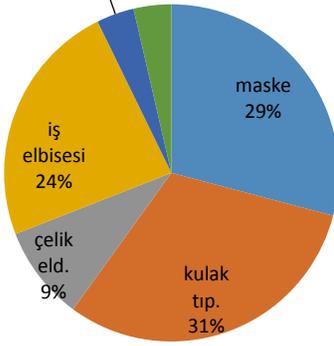


Şekil 12. Çalışma ortamı sizce güvenli mi?

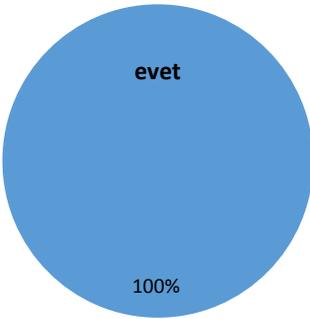
Şekil 11. İşletmedeki iş güvenliği eğitimi hangi konularda veriliyor?



önlük bone
3% 4%

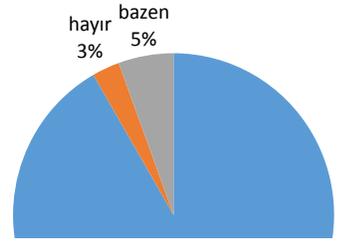


Şekil 15. Kullandığınız araçlar nelerdir?



Şekil 17. Makinede neden koruyucu...
lise mezunudur. Çalışanların %65 gibi büyük çoğunluğunun çalıştıkları ortama yönelik herhangi bir şikayeti olmamakla birlikte, %19'unun en büyük şikayetinin stres olduğu görülebilmektedir.

İş yerinde verilen sağlık hizmetlerinden %78'inin memnun olduğu, %95'inin görevlerinden dolayı sağlıklarıyla ilgili belirgin bir risk

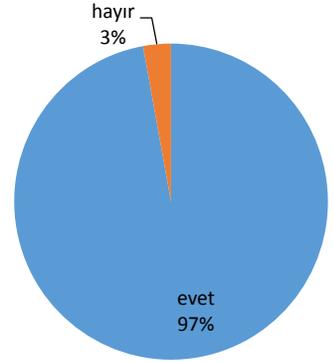
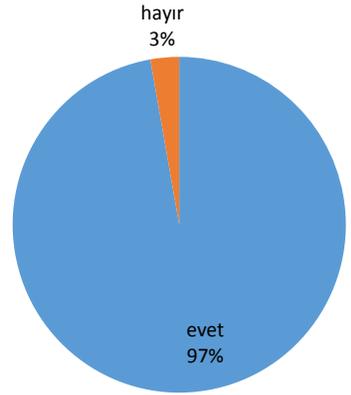


Şekil 14. Özel iş elbisesi veya aracı kullanıyor musunuz?

Çalışanların verdiği cevaplara göre genel olarak aşağıdaki gibi bir değerlendirme yapılabilir.

Maavi yaka çalışanların %11'i üniversite,

Şekil 17. Makinede neden koruyucu...
%44'ü gibi büyük çoğunluğunun çalıştıkları ortama yönelik herhangi bir şikayeti olmadığını biliyor musunuz?



Şekil 18. İş ortamında sağlık hizmetleri yeterli mi?

Şekil 19. İş ortamında sağlık hizmetleri yeterli mi?

taşımadığı belirlenmiş, ancak %3'lük küçük bir kısmın iş yerinde hekim olduğundan habersiz olduğu da görülmüştür.

Çalışma ortamının sağlık açısından uygunluğu yüksek tespit edilmiş, uygun olmadığını belirtenlerin en büyük sebeplerinin ise gürültü, sıcaklık ve nem olduğu görülmüştür.

Çalışanların %97'si iş kazası geçirmemiştir ve tüm çalışanlar çalışma ortamını güvenli bulmaktadır.

İşletmedeki iş sağlığı ve güvenliği kurulunun varlığından çalışanların %91'i bilgi sahibidir.

Özel iş elbisesi veya aracı kullananların oranı %92 olup, en çok kulak tıkacı, maske ve iş elbisesi kullandıklarını belirtmişlerdir.

Makine koruyucusunun önemi ile ilgili sorduğumuz sorularda neredeyse çalışanların tamamının koruyucusu olan makine ile çalıştığı ve makine koruyucu olmadığına iş kazası olabileceğinin farkında oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKÇA

Aygün, S. (2017). İş güvenliği uzmanı olabilecekler için iş güvenliğinin anlamı, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İş Güvenliği Anabilim Dalı, s.43.

www.csgb.gov.tr, Web sayfası, Erişim tarihi: Mayıs, 2018

<https://www.isguvenligi.net/iskollari-ve-is-guvenligi/tekstil-iskolunda-is-sagligi-guvenligi/>, Web sayfası, Erişim tarihi: Mayıs, 2018.

**ORTAÖĞRETİM EĞİTİM KURUMUNDAKİ ÇALIŞANLARIN
ORTAM GÜRÜLTÜSÜ MARUZİYETİNİN İNCELENMESİ**
*Investigation of the environmental noise exposure of the employees in
Secondary Education Institutions*

Cem BOĞA* & Naime Filiz (TÜMEN) ÖZDİL
Sait M. SAY*** & Mustafa ŞEHİR******

Öz: Fiziksel risk etmenlerinden olan gürültü genel olarak insan sağlığını, psikolojisini ve yaşadığımız çevrenin kalitesini olumsuz etkileyen, istenmeyen, hoş gitmeyen ve rahatsız eden ses ya da sesler olarak tanımlanabilir. Yüksek gürültünün, geçici ve kalıcı işitme kaybının yanı sıra yüksek tansiyon, strese dayalı rahatsızlıklar, çalışma veriminde düşüş ve ciltte solgunluğa da neden olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada Adana ili Sarıçam ilçesindeki bir ortaokulda çalışanların ortam gürültüsü maruziyetleri, yapılan ölçümler ile ortaya konulmuştur. Gürültünün öğretmenler ve diğer çalışanlar açısından fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans üzerindeki etkisine değinilmiştir. Koridorlarda, bahçede ve idari ofislerde öğretmenlerin ve diğer çalışanların gürültüye maruz kalmaları, ileriki yaşlarında gürültüye bağlı sağlık sorunları ile karşılaşmalarına neden olmaktadır. Yapılan bu çalışmada, ortam gürültüsü için ortam gürültü dozimetresi kullanılmıştır. Ölçme yerleri ve ölçme süreleri, popülasyonun risk altında bulunduğu tipik bir çalışma günü boyunca maruz kalınan gürültüyü temsil edecek şekilde seçilmiştir. Ölçümler koridorlar, avlu ve idari ofisler olmak üzere üç farklı alanda öğrenciler derste ve teneffüste olmak üzere 2 farklı koşul için yapılmıştır. Ölçümlerde öğretmenlerin, öğrenciler derste iken koridorlarda ortalama 68,6 dBA, öğrenciler teneffüste iken koridorlarda ortalama 83,3 dBA, öğrenciler derste ve avluda beden eğitimi dersi var iken avluda ortalama 68,9 dBA, öğrenciler teneffüste iken avluda ortalama 71,2 dBA, öğrenciler derste iken idari ofislerde ortalama 70,2 dBA ve öğrenciler teneffüste iken idari ofislerde ortalama 71,2 dBA gürültüye maruz kaldıkları görülmüştür. Ve sonuçlar ulusal ve uluslararası standart ve yönetmeliklerle karşılaştırılmıştır. Gürültünün öğretmenler açısından, öğrenciler teneffüste iken gerek koridorlarda gerekse idari ofislerde rahatsız edici boyutta olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ortaokul, fiziksel risk etmeni, gürültü, öğretmenler, maruziyet

Abstract: The noise, which is one of the physical risk factors, can be defined as unwanted, unpleasant and disturbing sounds or voices that adversely affect human health, psychology and the quality of the environment we live in. It is known that high tension, stress-based discomfort, declining working efficiency and skin pale are caused by high level of noise, temporary and permanent hearing loss. In this study, the ambient noise exposures of the employees in a secondary school in Sarıçam district of Adana province were determined with the measurements made. Physically, physiologically, psychologically, and performance-related effects of stressful teachers and other employees are addressed. In the corridors, in the gardens and administrative offices, the exposure of teachers and other employees to noise causes them to face health problems related to noise at their later ages. In this study, ambient noise dosimetry was used for

* (Dr. Öğr. Üyesi); Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi. cboga@adanabtu.edu.tr

** (Doç. Dr.); Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi. fozdil@adanabtu.edu.tr

*** (Doç. Dr.); Çukurova Üniversitesi. saitsay@cu.edu.tr

**** (Arş. Gör.); Çukurova Üniversitesi. msehri@cu.edu.tr

ambient noise. Measurement locations and measurement times were chosen to represent the noise experienced during a typical working day at which the population is at risk. The measurements were made for two different conditions, namely corridors, courtyards and administrative offices. In the measurements, the average of teachers was 68.6 dBA in the corridors while students were in the classroom, 83.3 dBA in the corridors while students were in the corridors, average of 68.9 dBA in the garden while students were in the classroom and when there were physical education classes in the garden, when the students were in time for break, the average was 71.2 dBA in the garden, while the students are in the classroom the average was 70.2 dBA in administrative offices, and while the students were in time for break were exposed to an average of 71.2 dBA of noise in administrative offices. And the results are compared with national and international standards and regulations. In terms of teachers, it has been determined that the noise is disturbing in the corridors and in the administrative offices while students are in the corridors.

Keywords: Secondary school, physical risk, noise, teachers, exposure

1. Giriş

Çalışma yerlerinde sıcaklık, gürültü, aydınlatma, titreşim, basınç vb. fiziksel risk etmenleri standart değerlerde değilse çalışanların birçoğu bu yönden büyük risk altında olabilmektedir. Çalışma ortamında oluşabilecek bu tür fiziksel olumsuzlukların önce kaynağında yok edilmesi, sonra kaynak ile alıcı arasında engellenmesi ve en son çare olarak kişi üzerinde yani alıcıda maruziyetin azaltılması için bir takım önlemlerin alınması gerekmektedir.

Fiziksel risk etmenleri içinde gürültü, hoş gitmeyen, rahatsız eden ve istenmeyen sesler olarak tanımlanabilir. Uluslararası Çalışma Örgütünün (ILO) tanımına göre gürültü, “Bir işitme kaybına yol açan, sağlığa zararlı olan veya başka tehlikeleri ortaya çıkaran bütün sesleri kapsar” şeklindedir. Gürültü yaşadığımız dünyanın önemli çevre sorunlarından birisidir. Ve önlem alınmadığı takdirde çalışanlar önemli ölçüde zarar görebilmektedir.

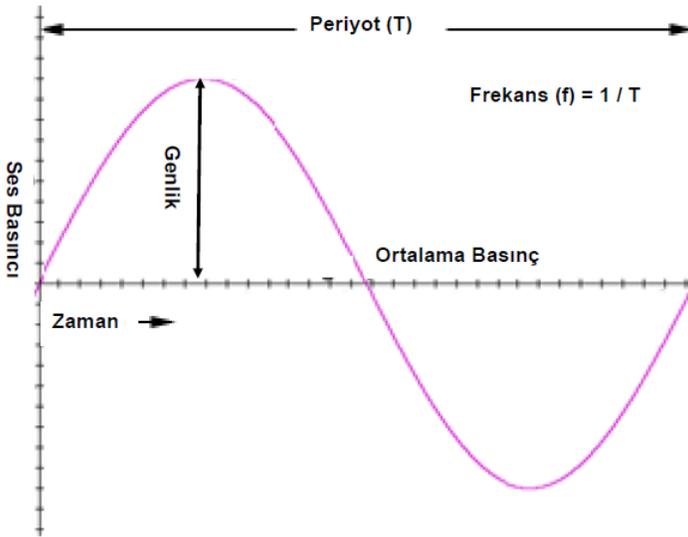
Endüstride yüksek devir ve gürültü ile çalışan büküm makinelerinden, yüksek tonajlı pres tezgahlarına, talaşlı imalatta kullanılan tezgahlardan klima santrallerine kadar gürültüye sebep olan çok çeşitli gürültü kaynakları mevcuttur. Bunların ölçülmesi ve giderilmesi ile ilgili literatürde pek çok çalışma mevcuttur. Ancak insan kalabalığının bol olduğu ortamlarda insanlardan kaynaklanan gürültü maruziyeti ve ölçümü ile ilgili çok az çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmada Adana ili Sarıçam ilçesindeki bir ortaokulda çalışan öğretmen ve hizmetlilerin ortam gürültüsü maruziyetleri yapılan ölçümler ile ortaya konulmuştur. Gürültünün öğretmenler ve diğer çalışanlar açısından fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans üzerindeki etkisine değinilmiştir.

2. Ses ve Gürültü

Ses; kulağın algılayabildiği katı, sıvı ve havadaki basınç değişimi ve dalgalar halinde yayılabilen bir enerji türü olarak tanımlanırken, ses dalgalarını karakterize eden büyüklükler;

- sesin dalga boyu, λ (m),
- sesin frekansı, f (Hz),
- sesin periyodu, T (sn) ve
- sesin ilerleme hızıdır, v (m/sn).



Şekil 1: Ses basıncının zamana bağlı değişim eğrisi

Periyod parçacığın hareketinin bir tam devrini tamamlaması için gereken süre olarak tanımlanırken, frekans periyodun tersine parçacığın birim zamanda yaptığı titreşimlerin sayısıdır (Şekil 1).

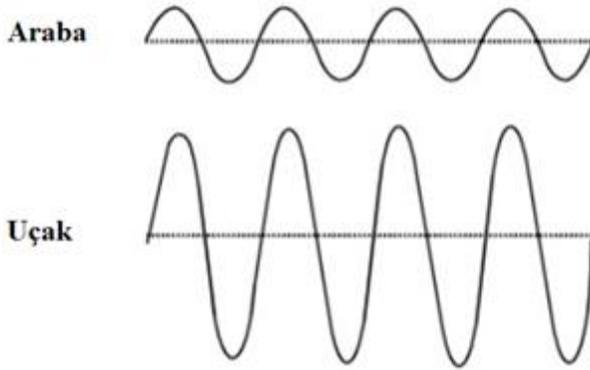
Sesin ince veya kalın olmasını sesin frekansı belirler. Hertz saniyedeki devir sayısı demektir. Frekansı yüksek olan seslere ince yani

tiz ses, frekansı düşük olan seslere kalın yani pes ses denir ve insan kulağı için yüksek frekanslı (tiz) sesler daha tehlikelidir.

İnsan kulağının işitebilir frekans aralığı 20-20000 Hz arasındadır. 250-2000 Hz aralığı günlük konuşma bölgesinde karşılaşılan frekans aralığıdır.

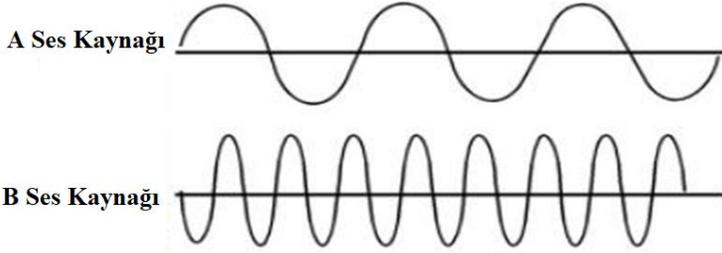
Eğer bir sesin frekansı 20 Hz'den küçük ise bu sese İnfrases (Infrasound), frekansı 20000 Hz'den büyük ise Ultrases (Ultrasound) adı verilir. Erkek ve kadın sesleri arasındaki fark buradan gelmektedir. 250-500 Hz gibi düşük frekanstaki sesler erkek sesleri iken kadın sesleri ise 1000-2000 Hz gibi yüksek frekanslarda yer almaktadır.

Sesin dalga yüksekliği ve alçaklığı frekanstan farklı bir anlama gelir. Sesin dalga yüksekliği yani genliği basınç değişiminin en büyük değeridir. Uçağın sesinin genliği arabanın sesinin genliğinden fazla olduğu için uçağın sesi arabaninkinden fazladır.



Şekil 2. Araba ve uçağın sesin dalga yüksekliği açısından karşılaştırılması

Aynı süre zarfı içinde bir ses kaynağı daha fazla ses dalgası üretiyorsa frekansı diğerine göre daha büyüktür. Şekil 3'de A ses kaynağı, B ses kaynağına göre daha ince ses üretir. Dolayısıyla A ses kaynağının ses frekansı daha düşüktür (Şekil 3).



Şekil 3. İki farklı ses kaynağının dalga sayısı cinsinden karşılaştırılması

Ses basıncı düzeyinin belli bir eğriye göre ağırlıklı olarak bulunmuş şekline ses düzeyi (gürültü düzeyi) denir. A, B ve C ağırlık eğrileri bulunmaktadır. A ağırlık eğrisi insan kulağının frekansa bağlı olarak sese olan duyarlılığını en iyi temsil eden eğridir. Bu yüzden genelde A eğrisi kullanılır diğer bir ifadeyle dB(A) denmektedir.

Burada gürültüden bahsederken Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının (ÇSGB) gürültü ile ilgili Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliğinde (28/07/2013 tarih ve 28721 sayılı Resmi Gazete) yayımlanan maruziyet eylem değerleri ve maruziyet sınır değeri aşağıda verilmiştir:

- a) En düşük maruziyet eylem değeri: ($L_{EX, 8\text{saat}}$) = 80 dB(A)
- b) En yüksek maruziyet eylem değeri: ($L_{EX, 8\text{saat}}$) = 85 dB(A)
- c) Maruziyet sınır değeri: ($L_{EX, 8\text{saat}}$) = 87 dB(A)

Yönetmelikte ayrıca yeterli ölçümle tespit edilen haftalık gürültü maruziyet düzeyi, 87 dB(A) maruziyet sınır değerini aşamaz ifadesi yer almaktadır.

İnsan kulağının işitme eşiği 0 (sıfır) dB(A)'dir. 140 dB(A) ise "acı eşiği" dir ve kulak zarı yırtılması gibi insan sağlığını olumsuz etkiler. Aşağıda bazı ortamlardaki ölçülen ortalama gürültü şiddeti değerleri verilmektedir.

- Çalışma ve idari ofisler 60-70 dB(A)
- Ortalama trafik gürültüsü, Matbaa 70-90 dB(A)
- Takım tezgahları, Tekstil fabrikası 90-100 dB(A)
- Jet uçağı motoru, (Ağrı eşiği) 130 dB(A)

- Siren sesi 140 dB(A) değerindedir.

Gürültünün işitme duyusu üzerinde akustik sarsıntı (travma), geçici ve kalıcı işitme kaybı gibi sağlık sorunları oluşturduğu bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Aşırı gürültülü bir ortamda çalışıp bu ortamı terk eden kişide geçici işitme kaybı, yoğun ses basıncı altında uzun yıllar boyunca işlerini yürüten çalışanlarda işe kalıcı işitme kaybı gözlemlenmiştir.

3. Maruziyetin Belirlenmesi

ÇSGB yönetmeliğine göre; İşveren işyerinde risk değerlendirmesi yapar ve bunun sonucunda eğer gerekli ise gürültü düzeyini tespit etmek için ölçüm yaptırır ve böylelikle çalışanların maruziyetlerini belirler. Gürültü ölçümü için işverenin kullanacağı yöntem ve cihazlar özellikle ölçülecek olan gürültünün niteliği, maruziyet süresi, çevresel faktörler ve ölçüm cihazının nitelikleri dikkate alınarak mevcut şartlara uygun olmalıdır.

Bu çalışmada Adana ili Sarıçam ilçesindeki bir ortaokulda ortam gürültüsü dozimetresi ile ölçümler koridorlar, avlu ve idari ofisler olmak üzere üç farklı alanda öğrenciler derste ve teneffüste olmak üzere 2 farklı koşul için yapılmıştır ve belirli etkinlik günlerinde yapılarak sonuçlar aynı saatlerde alınmaya özen gösterilmiştir. Ölçümler bir hafta boyunca devam etmiştir ve Brüel&Kjaer marka 2250 tip ortam gürültü dozimetresi kullanarak (Şekil 4) ve TS 2607 ISO 1999 “Akustik - Mesleki Gürültü Maruziyetinin Belirlenmesi ve Gürültü Kaynaklı İşitme Kaybının Tahmini Standardı”ndaki prosedürler izlenerek uygulanmıştır.



Şekil 4. Ortam gürültü dozimetresi

Ortaokulda farklı alanlarında yapılan gürültü ölçüm sonuçlarıyla ilgili ortalama sonuçlar Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Okulda yapılan ölçüm sonuçları

| | Koridorlar | Avlu | İdari Ofisler |
|-------------------------------|-------------------|-------------|----------------------|
| Öğrenciler derste iken | 68.6 dBA | 68.9 dBA | 70.2 dBA |
| Öğrenciler | 83.3 dBA | 71.2 dBA | 71.2 dBA |

| | | | |
|----------------------------|--|--|--|
| teneffüste iken | | | |
|----------------------------|--|--|--|

4. Tartışma ve Sonuçlar

Gürültüyle ilgili yapılan bilimsel çalışmalar, gürültünün insan sağlığı üzerinde oldukça olumsuz etkilerinin olduğunu kanıtlanmışlardır.

Avrupa Birliği Direktiflerine göre okul çevresi için öngörülen en yüksek gürültü düzeyi 35-45 dB'dir. Bu çalışmanın sonuçları (Tablo 1) ulusal ve uluslararası standart ve yönetmeliklerle karşılaştırıldığında gürültünün öğretmenler ve diğer çalışanlar açısından, öğrenciler teneffüste iken gerek koridorlarda gerekse idari ofislerde ve avluda rahatsız edici boyutta olduğu tespit edilmiştir. Bu düzeyde bir gürültüye uzun yıllar maruz kalındığı takdirde ğretmen ve çalışanların okulda ve normal yaşamda karşılıklı konuşmada olumsuz etkilenebilecekleri sonucuna varılmıştır. Bu düzeyde bir gürültünün aynı zamanda psikolojik ve fizyolojik etkileri de bulunmaktadır. Bunlar, uykunun bozulması, geç uyuma, stresli olma durumları, rahatsızlık hissi ve iş yapabilme gücünün olumsuz etkilenmesi gibidir.

5. neriler

Gürültünün nlenbilmesi ya da etkisinin azaltılabilmesi için İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği alışmaları kapsamında korunma politikaları esas alınarak tehlikeyi önce kaynağında, sonra kaynak ile alıcıda ve son olarak alıcıda önlenmesi ilkesine dayanarak aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Okul binasının yapısal kalitesi ve ses yalıtım kalitesi arttırılmalı,
- Öğrencilere aşırı gürültünün sebep olabileceği sağlık sorunları hakkında eğitim verilerek farkındalıkları arttırılmalı,
- Derslikler ve koridorlar gibi uygun yerlere gürültü ile ilgili sağlık ve güvenlik işaretleri konulmalı,
- Sınıf mevcudu sayısı daha az sayıda tutulmalı,
- Düzenli aralıklarla öğretmenlere odyometrik testler yapılarak izlenmeli.

Bu önlemlerin dışında daha sağlıklı veri toplayabilmek için öğretmenlere bir hafta boyunca günde 8 saat kişisel dozimetreler takılarak kişisel maruziyetler belirlenebilir. Böylelikle sınıf bazında her

öğretmenin maruz kaldığı gürültü düzeyi tespit edilip daha uygun önlemler alınabilir.

Kaynakça

Behar, A. (1975). Accuracy in The Measurement of Sound Levels “in situ” With Sound Level Meters. Appl. Acous. 8.

Çetinkaya, F., Bulduk, İ., İşçi, D. ve Demir, A. (2016). Okul öncesi öğretmenlerin gürültü maruziyeti. Uşak Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi, 3(2), 1- 14.

Mevzuat, (2013) Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik. (28 Temmuz 2013 tarih ve 28721 sayılı Resmi Gazete).

Türk Standardı, (2005). Akustik – iş yerinde maruz kalınan gürültünün tayini ve bu gürültünün sebep olduğu işitme kaybının tahmini, TS 2607 ISO 1999.

Walinder, R., Gunnarsson, K., Runeson, R., Smedje, G. (2007). Physiological and psychological stress reactions in relation to classroom noise. Scandinavian Journal of Work Environment & Health, Aug, 33(4), 260 – 266.

PEYNİRALTI SUYU TOZU KULLANIMININ KEFİR YOĞURDUNUN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Nuray GÜZELER* & Mustafa Kadir ESEN**

ÖZET

Kefir yoğurdu, ısıtılmış ve soğutulmuş süte belli oranlarda kefir kültürü eklenerek $41\pm 1^{\circ}\text{C}$ ' de, pH 4.7' ye gelene kadar inkübe edilen ve inkübasyon sonunda soğutulmuş $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ' de depolanan fermente bir süt ürünüdür. Bu çalışmada amaç demineralize peyniraltı suyu tozunun kurumadde artırıcı olarak süttozunun yerine veya birlikte kullanılarak gıda sektöründe peyniraltı suyunun değerlendirilmesini ve maliyetten kazanılmasını sağlamak ve kefir yoğurduna olan ilgiyi artırarak kefirin sağlık açısından önemini vurgulamaktır. Farklı oranlarda yağsız süttozu ve demineralize peyniraltı suyu tozu kullanılarak (A (kontrol): %3-0, B: %2-1, C: %1-2, D: %0-3) kefir yoğurtları üç tekerrürlü olarak üretilmiştir. Kefir yoğurtlarında farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımının kurumadde, yağ, protein, laktoz, kül, pH, titrasyon asitliği, asetaldehit, tirozin, toplam uçucu yağ asitleri, su tutma kapasitesi, serum ayrılması, viskozite, penetrometre, renk değerleri ve duyu özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kefir yoğurtlarının; titrasyon asitliği, asetaldehit, su tutma kapasitesi, serum ayrılması, viskozite, penetrometre değerleri ve kıvam (kaşıkla) özellikleri üzerinde farklı oranlarda süttozu ve demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımının etkilerinin önemli düzeyde olduğu tespit edilirken ($p<0.05$), kurumadde, yağ, protein, laktoz, kül, pH, tirozin, toplam uçucu yağ asitleri, renk değerleri, dış görünüş, kıvam (ağızda), koku, tat özellikleri ise farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımından etkilenmemiştir ($p>0.05$). Duyusal özelliklere göre en çok beğenilen kefir yoğurdu % 1 demineralize peyniraltı suyu tozu ve % 2 süttozu kullanılarak üretilen kefir yoğurdu olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kefir yoğurdu, peyniraltı suyu tozu, süttozu

ABSTRACT

Kefir yogurt is a fermented milk product which is stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ that the certain rate kefir culture adding to heat treated and cooled milk and then incubated at $41\pm 1^{\circ}\text{C}$ until 4.7 pH. The purpose of this research is to evaluate the recycling of whey and gaining cost using demineralized whey powder as a dry additive instead of or in combination with milk powder in the food sector and to emphasize the importance of kefir in

* Cukurova University Faculty of Agriculture Department of Food Engineering, Prof.

** Cukurova University Faculty of Agriculture Department of Food Engineering, PhD student

terms of health by increasing interest in kefir yogurt. Therefore, kefir yogurts produced by using different proportions of skim milk powder and demineralized whey powder as three replicates (A(control): %3-0, B: %2-1, C:%1-2, D:%0-3). The effects of using different proportions of demineralized whey powder were determined on dry matter, fat, protein, lactose, ash, pH, titration acidity, acetaldehyde, tyrosine, total volatile fatty acids, water retention capacity, serum separation, viscosity, penetrometer, color values and sensory properties in kefir yogurts. According to obtained results; while the effects of using different proportions of demineralized whey powder were found significant ($p < 0.05$) on titration acidity, acetaldehyde, water holding capacity, serum separation, viscosity, penetrometer values and consistency (with spoon) properties, the effects of using different proportions of demineralized whey powder weren't found significant ($p > 0.05$) on dry matter, fat, protein, lactose, ash, pH, tyrosin, total volatile fatty acids, colour values, appearance, consistency (in mouth), odor, taste of kefir yogurts. As sensory properties; the most desired kefir yogurt was confirmed as kefir yogurts produced by using 1 % demineralized whey powder and 2% milk powder by panelists.

Key Words: Kefir yogurt, whey powder, milk powder

Giriş

Süt; doğrudan tüketilebildiği gibi, süttten yapılan yoğurt, ayran, peynir, tereyağı, kefir de günlük hayatta ihtiyaç duyulan en önemli gıdalardır. Süt ve süt ürünleri canlıların büyümeleri, gelişmeleri ve sağlıklı bir şekilde yaşamlarını devam ettirebilmeleri için gerekli besin maddelerini içermektedir. Bu yüzden, insan hayatının her evresinde süt ve süt ürünleri tüketimi önemli bir yer tutmaktadır (Gündüz ve ark, 2013).

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliğine göre fermente süt ürünü, süütün uygun mikroorganizmalar tarafından fermentasyonu ile pH değerinin koagülasyona yol açacak veya açmayacak şekilde düşürülmesi sonucu oluşan ve içermesi gereken mikroorganizmaları yeterli sayıda, canlı ve aktif olarak bulunduran süt ürünü ifade etmektedir (Anon., 2009).

Kefir asidik, viskoz, düşük alkol içeren fermente süt ürünüdür. Kefirin kökeninin Kafkas dağları olduğuna inanılır ve pek çok ülkede üretilmektedir. Ayrıca kefir; kephir, kiaphur, kefer, knapan, kepi ve kipi gibi farklı isimlerle adlandırılmaktadır (Gündüz, 2017).

Çizelge 1.1. Kefirin Özellikleri (Ünal 2013)

| Özellik | Miktar |
|---|--------------|
| Süt proteini (Ağırlıkça %) | En az 2,7 |
| Titrasyon asitliği (Laktik asit olarak ağırlıkça %) | En az 0,6 |
| Etanol (% hacim/ağırlık) | - |
| Toplam spesifik mikroorganizma (kob/g) | En az 10^7 |
| Mayalar (kob/g) | En az 10^4 |

Kefir danelerinin beyaz-sarımtırak renkte, çapı 1-2 mm'den 3-6 mm'ye kadar değişen, karnabahara benzer, bezelye veya fındık büyüklüğünde bir yapısı vardır. Şekilleri düzgün bir yapıda olmayan kefir daneleri, suda eriyemez. Süte katıldıklarında ise şişerler ve renkleri beyazlaşır. Geleneksel olarak, Kafkas halkı hayvan postlarından elde edilen tulumların içerisinde sütü fermente edip kendi kefirlerini hazırlamışlardır. Fermente olmuş sütün bir kısmı bu tulumlar içerisinde alınarak yeniden taze süt eklenmiş, böylece devamlı ve doğal fermantasyon elde etmişlerdir. Fermantasyondan haftalar sonra, tabaka şeklinde biriken protein pıhtılarını içeren karnabahara benzeyen yapılar ortaya çıkmıştır. Tulumun iç yüzeyindeki süngerimsi yapılar alınıp bölünmüş ve kurutulularak oluşan küçük parçalar kefir daneleri olarak isimlendirilmiştir (Yüksekdağ ve Beyatlı, 2003).

Danenin yapısına bakıldığında polisakkarit matrikste bulunan laktik asit bakterileri (LAB) ve mayaların sütü fermente etmelerinden dolayı laktik asit, CO₂, az miktarda alkol ve aromatik moleküller oluşur. Böylece kefir kendine has duyuşsal karakterlere sahip olur (Karatepe ve Yalçın, 2014).

Danelerin, sütü fermente edici bir fonksiyonu olduğu, kazein ve birbirleriyle ortaklaşa yaşayan mikroorganizmaların oluşturduğu jelatinimsi kolonilerden oluştuğu ve danenin en önemli özelliğinin fermantasyon sonunda süzülerek geri kullanılması olduğu bildirilmiştir (Yüksekdağ ve Beyatlı, 2003). Kefirde laktoz oranı süte oranla azaldığı için kefir laktoz intoleransı olan tüketiciler tarafından rahatlıkla tüketilebilmektedir (MEB, 2007).

Kefirin çekiciliğinin artması için kefir kullanılarak yoğurt, dondurma, peynir, tarhana, kefir kreması, ekşi krema, kefir kaymağı,

kefir tereyağı, kefirli soslar (dereotlu, enginarlı vs.), kefir bazlı içecekler, milkshake, smoothiler (elma, muz, portakal, mango vs.), aromalı kahveler gibi süt ürünleri ve süt ürünleri ihtiva eden ürünler üretilmektedir (Esmek ve Güzeler, 2015).

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliğine göre yoğurt, fermentasyonda spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*' un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürününü ifade etmektedir (Anon., 2009).

Yoğurt ve kefir, kültüre edilmiş süt ürünleridir fakat farklı türde faydalı bakteri içermektedirler. Yoğurdun içerdiği bakteriler sindirim sistemini temiz tutarak burada konakçı olan diğer faydalı organizmalar için besin sağlarken, kefir bu özelliklerin yanında sindirim sistemini kolonize etme özelliğine de sahiptir. Ayrıca kefir yoğurtta bulunmayan birkaç faydalı bakteriyi (*Lactobacillus caucasus*, *Leuconostoc*, *Acetobacter* türleri ve *Streptococcus* türleri) de içermektedir. Aynı zamanda kefirde bulunan *Saccharomyces kefir* ve *Torula kefir* gibi mayalar vücut için yıkıcı patojen özellikte olan mayaların gelişimini kontrol altına alır ve elimine eder (Anon., 2012a).

Yağlı ya da yağsız süttozu katılarak sütün kuru maddesinin artırılması yoğurt üretiminde en çok kullanılan yöntemlerden birisidir. Süttozu katılması ile koyulaştırılan sütlerden üretilen yoğurtların fiziksel ve duyuşal özelliklerinde farkedilebilir iyileşmeler sağlanmaktadır. Yoğurdun içeriğine getirilen yasal kısıtlamalar ve yağlı süttozlarının dayanım sürelerinin kısıtlı olması sebebiyle yağsız süttozu kullanımı yaygınlık kazanmıştır. Literatürlerde %1 ile %6 arasında değişen oranlarda süttozu ilavesiyle yoğurt üretiminin olası olduğu belirtilmekle beraber süttozu ilavesinin %3-4'ü geçmesiyle yoğurtta pütürlü bir yapı oluşmaktadır. Yağsız süt tozunun kullanımı sütün yağ dışındaki bileşenlerinin konsantrasyonunda eşit düzeyde artış meydana gelmektedir (Özer, 2006)

Türk Gıda Kodeksi peynir tebliğine göre peyniraltı suyu; pıhtı kesimi sonrasında pıhtıdan ayrılan ve teleme dışında kalan sıvı yan ürününü ifade etmektedir (Anon., 2015). Türkiye' de üretilen peynirlerde basit bir hesaplamayla peynir cinsi ve yapım metotlarına bağlı olarak ortaya çıkan peyniraltı suyu miktarı (3-4 milyon ton) önemsenmeyecek miktarda değildir (Tosun ve ark, 2011).

Peyniraltı suyu peynir üretiminin bir yan ürünü olarak genellikle değerlendirilmeyip atılması veya kısmen hayvan beslenmesinde kullanılmasına rağmen, günümüzde peyniraltı suyu bazlı ürünler büyük ölçüde gelişim göstermektedir (Yerlikaya ve ark, 2010).

Dünyadaki peynir üretimindeki artış ile beraber peyniraltı suyu miktarının da artmakta olduğu gözlenmektedir (Küçüköner, 2011). Peynir üretimi yapan gelişmekte olan ülkelerde peyniraltı suyunun değerlendirilmemesi genellikle sermaye, altyapı ve pazarlama yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. (Kosikowski, 1979). Bugün, büyük peynir üreticisi fabrikalar peyniraltı suyundan yan ürün olarak faydalanmak zorundadır. Çünkü peyniraltı suyu atık su olarak kanalizasyona atıldığında, biyolojik oksijen ihtiyacının yüksek olması dolayısıyla ciddi derecede çevre kirliliği oluşturmaktadır (Küçüköner, 2011). Maliyet uygunluğu ve kalite iyileştirme, peyniraltı suyu ürünlerini kullanmada kilit faktörlerden biridir (Young, 2007).

Türk Gıda Kodeksi peynir tebliğine göre peyniraltı suyu tozu; peyniraltı suyundan suyun uzaklaştırılmasıyla elde edilen ve son ürünlerdeki nem içeriğinin ağırlıkça en fazla % 5 oranında olduğu toz ürünü ifade etmektedir (Anon., 2015).

Peyniraltı suyu tozu genellikle bisküvi, bebek maması, çikolata, dondurma yapımında, yem katkı maddesi olarak, işlenmiş et ürünlerinde, hazır çorbalarda, hamur işlerinde ve ekmek yapımında kullanılır (Anon., 2012b). Yoğurt, dondurma ve bazı peynirlerde kurumadde standardizasyonunun sağlanmasında da yararlanılabilmektedir.

Peyniraltı suyu tozunun yapılışına ve kaynağına göre asit, tatlı, demineralize gibi çeşitleri ve farklı endüstriyel kullanım alanları vardır (Yalçın ve Türkoğlu, 2010).

Membran proseslerinin diğer proseslere göre düşük enerji tüketimi, işlem kolaylığı ve çevre dostluğu gibi bazı avantajları vardır. Membranla ayırma tekniklerinden elektrodiyaliz tekniği PAS'ın minerallerinden arındırılmasında kullanıldığından çok önemlidir. Elektrodiyaliz işlemi seçici zarlar yardımıyla iyonların bir çözeltiden başka bir çözeltiliye elektrik akımının etkisi altında transfer edilmesine dayanır. Elektrodiyaliz işleminde hareket yeteneği fazla olan tek değerli sodyum, potasyum ve klor gibi iyonlar kolaylıkla ayrılmasına rağmen, kalsiyum gibi çift değerli iyonlarla çok az iyonize olmuş iyonların uzaklaştırılması daha zordur (Özdemir ve ark., 2008).

Genellikle ekonomik anlamda ucuz olduğu ve mineral çöküntüsünü ve tuzlu tadı elimine etmek için peyniraltı suyundan % 60-70 aralığında mineral uzaklaştırılır (Kosikowski, 1979).

Peyniraltı suyu tozunun ticari olarak uygulanması yağsız süt tozu ile karşılaştırıldığında, peyniraltı suyu tozunun daha ekonomik olduğu görülür ve bu sebeple peyniraltı suyu tozuna sanayi ilgi duymaktadır. Peyniraltı suyu konsantreleri, yağsız süt tozundan daha ucuza mal olduğu için çeşitli işlenmiş gıdalarda bileşen olarak kullanılmaya başlanmıştır ve süttozu peyniraltı suyu tozu ile belirli oranda tağış edilmektedir. Peyniraltı suyu tozunun fiyatının daha ucuz olmasının da yanı sıra besleyicilik ve fonksiyonel özelliklerinin de yağsız süt tozundan farklı olması nedeniyle tağışın saptanması, yasal kuruluşlar ve gıda üreticileri tarafından büyük önem taşımaktadır (Hafıza, 2000).

Bu araştırmada amaç; oluşan tuzlu tadı elime etmek için belli oranda minerallerinden ayrılmış peyniraltı suyu tozunun kurumadde artırıcı olarak süttozunun yerine veya birlikte kullanılarak gıda sektöründe peyniraltı suyunun değerlendirilmesini ve maliyetten kazanılmasını sağlamak, bunun yanında kefir yoğurduna olan ilgiyi arttırarak kefirin sağlık açısından önemini vurgulamaktır. Bu amaçla farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu ve yağsız süttozu kullanılarak üretilen kefir yoğurdunun fiziksel, kimyasal, duyuusal ve mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirilmiştir.

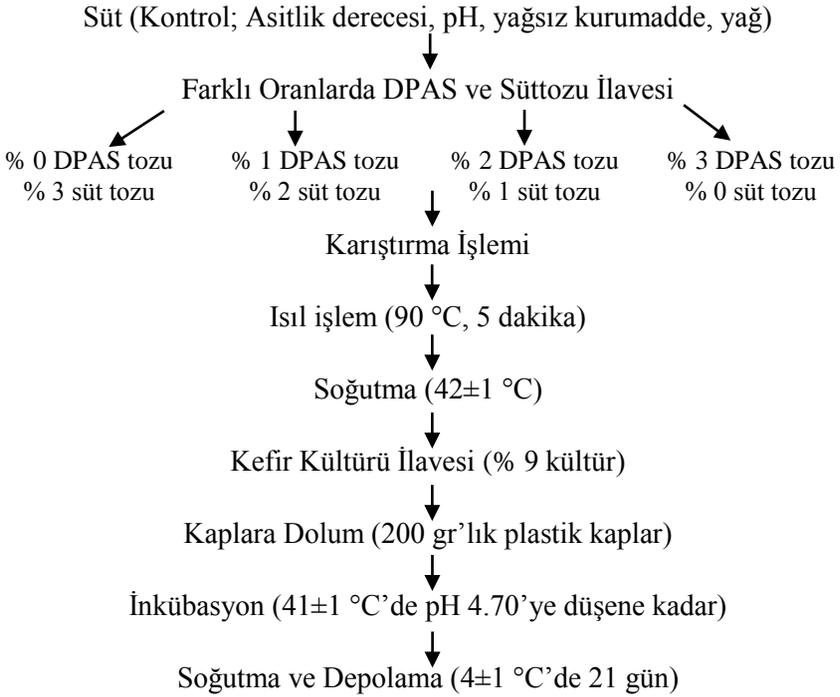
Materyal ve Metot

Materyal

Demineralize peyniraltı suyu tozu kullanılarak kefir yoğurdu üretiminde, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Uygulama Çiftliği Hayvancılık Şubesi'nden sağlanan sabah sağımı çiğ inek sütü kullanılmıştır. Önceden üretimlerde kullanılan ve dondurularak saklanan kefir tohumları aktif hale getirildikten sonra kültür üretiminde kullanılmıştır. Bu araştırmada kullanılan %70 demineralize peyniraltı suyu tozu Ekso Süt ve Gıda Mam.San.ve Tic.A.Ş. firmasından ve yağsız süttozu Bakkalbaşoğlu Süt Ürünleri San. Tic.A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Demineralize peyniraltı suyu tozu kullanılarak üretilen kefir yoğurdunun ambalajlanması için 200 g'lık kapaklı polipropilen kutular Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Uygulama Çiftliği Hayvancılık Şubesi'nden temin edilmiştir.

Metot

Bu araştırma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Süt Teknolojisi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Kefir yoğurdu yapımında kullanılan starter kültür olarak kefir; %3 oranında süttozu ilave edilmiş ve 90°C'de, 5 dakika ısıl işlem ısıl işlem görmüş süte 42±1°C'de %5, %7, %9, %12, %15 oranlarında eklenerek 41±1°C'de, pH 4.7'ye gelene kadar inkübe edilmiş ve sonra soğutularak ön denemeler için panelistlere sunulmuştur. Bunun sonucunda kefir yoğurdu yapımında kullanılan starter kültür olarak kefir % 9 olarak uygun bulunmuştur.



Şekil 1. Kefir yoğurdu üretimi akış şeması

Şekil 1'de gösterildiği gibi farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanılarak üretilen kefir yoğurtları üretiminde; süt gerekli kontrolleri yapıldıktan sonra standardize edilmiştir. İnek sütleri dört kısma ayrılarak A örneğine % 0 demineralize PAS tozu, % 3 süttozu, B örneğine % 1 demineralize PAS tozu, % 2 süttozu, C örneğine % 2 demineralize PAS tozu, % 1 süttozu, D örneğine % 3 demineralize PAS tozu, % 0 süttozu ilave edilmiştir ve her birine 90°C' de, 5 dakika ısıl işlem uygulanmıştır. 42±1°C' ye soğutulan süt kefir kültürü ile % 9 oranında mayalanmıştır. Kaplara doldurulan süt 41±1°C' de, pH 4.7' ye

gelene kadar inkübe edilmiş ve inkübasyon sonunda soğutulularak $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ' de 21 gün boyunca depolanmıştır.

Kurumadde oranları, belirli miktardaki örneğin $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulması ile gravimetrik olarak belirlenmiştir (IDF, 1982). Yağ oranları, örnekler 1:1 oranında saf suyla sulandırılıp süt bütirometresine konulmuş ve sonuçlar iki ile çarpılarak yüzde yağ oranı hesaplanmıştır (TSE, 2006). Laktoz tayini, hesaplama yöntemine göre yapılmıştır. Protein oranı, Mikro Kjeldahl yöntemi ile belirlenen toplam azot oranının 6.38 faktörü ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır (IDF, 1993). 550°C 'de yakma işlemi uygulanmasından sonra desikatörde soğutulup tartılarak % kül oranı hesaplanmıştır (Kurt ve ark., 2007). Titrasyon asitliği, alkali titrasyon yöntemine göre belirlenmiş ve sonuçlar % laktik asit cinsinden ifade edilmiştir (TSE, 2006). pH tayini, Testo 230 markalı pH metre kullanılarak Cemeroğlu (1992)'na göre yapılmıştır. Serum ayrılması değeri $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'deki 25 g örneğin 120 dakikada kaba filtre kâğıdından süzülen serum miktarının tartılmasıyla bulunmuş ve sonuçlar 4 ile çarpılarak % olarak ifade edilmiştir (Konar, 1980; Tamime ve ark.,1996). Örneklerin viskozite değerleri belirlenirken, viskozite $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 100 rpm ve 64 numaralı uç ile ölçülmüş, ölçümler sırasında 15. ve 30. saniyedeki cP değerleri kaydedilmiştir (Gassem ve ark., 1991). Penetrometre ölçümleri $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de SUR BERLİN PNR 6 marka penetrometre kullanılarak yapılmış ve sonuçlar 15 g ağırlığındaki 45° lik konik başlığın 10 sn' deki batma derinliği 1/10 mm olarak verilmiştir (Alagöz, 1992). Asetaldehit miktarı Less ve Jago (1969) tarafından belirtilen yöntemle iyodimetrik olarak belirlenmiştir. Tirozin miktarı Spektrofotometrik olarak Hull (1947)'e göre belirlenmiştir. Örneklerdeki uçucu yağ asitleri oranlarının belirlenmesinde Kosikowski (1978) tarafından belirtilen yöntem kullanılmıştır. Su tutma kapasitesi tayini için 5 g örnek tartılarak 4500 devir/dk ve 10°C sıcaklıkta 30 dakika santrifüj edilmiş, daha sonra süpernatant uzaklaştırılıp pellet tartılmış ve su tutma kapasitesi hesaplanmıştır (Wu ve ark, 2001). Renk tayininde Hunter Lab Color Flex (A60-1010-615 model renk ölçer, HunterLab, Reston, VA) model renk tayin cihazı kullanılmıştır (Kahyaoğlu ve ark., 2005). Fermente ürününün duyuusal yönden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi için 7 kişilik panelist grubu oluşturulmuştur. Duyusal değerlendirme TSE'nin TS 1330 sayılı yoğurt standardında önerilen hususlar ele alınarak 25 tam puan üzerinden yapılmıştır (TSE, 2006). İstatistiksel analizler, "Tesadüf Parselleri Deneme Planı"na göre SPSS paket programı kullanılarak

yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılması için Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanarak üretilen kefir yoğurtlarının bazı fizikokimyasal özellikleri Çizelge 1.'de verilmiştir. Çizelgelerde A (kontrol) örneği % 0 demineralize peyniraltı suyu tozu ve % 3 süt tozu kullanılarak üretilen kefir yoğurdu, B örneği % 1 demineralize peyniraltı suyu tozu ve % 2 süt tozu kullanılarak üretilen kefir yoğurdu, C örneği % 2 demineralize peyniraltı suyu tozu % 1 süt tozu kullanılarak üretilen kefir yoğurdu, D örneği % 3 demineralize peyniraltı suyu tozu ve % 0 süt tozu kullanılarak üretilen kefir yoğurdu olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 1. Kefir yoğurtlarının bazı fiziko-kimyasal özellikleri

| Özellikler | A | B | C | D |
|--|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| pH | 4.67±0.04 ^a | 4.66±0.05 ^a | 4.66±0.02 ^a | 4.66±0.04 ^a |
| Titr.Asit. (%L.a) | 1.00±0.10 ^a | 0.94±0.08 ^a | 0.89±0.09 ^a | 0.88±0.01 ^a |
| Kurumadde (%) | 15.61±0.95 ^a | 15.30±0.61 ^a | 15.52±0.86 ^a | 15.50±0.87 ^a |
| Yağ (%) | 4.37±1.17 ^a | 4.00±0.62 ^a | 4.10±0.53 ^a | 4.10±0.79 ^a |
| Protein (%) | 4.40±0.33 ^a | 4.35±0.26 ^a | 4.20±0.23 ^a | 4.08±0.03 ^a |
| Laktoz (%) | 5.85±0.46 ^a | 5.97±0.48 ^a | 6.33±0.56 ^a | 6.40±0.18 ^a |
| Kül (%) | 0.99±0.04 ^a | 0.98±0.03 ^a | 0.89±0.10 ^a | 0.91±0.06 ^a |
| Asetaldehit (ppm) | 2.62±0.08 ^b | 2.66±0.03 ^b | 3.85±0.11 ^a | 3.58±0.31 ^a |
| Tirozin (mg/g) | 0.062±0.025 ^a | 0.062±0.027 ^a | 0.061±0.008 ^a | 0.068±0.019 ^a |
| Toplam uçucu yağ asidi (0.1 N NaOH/100g) | 10.75±1.99 ^a | 10.92±2.19 ^a | 11.03±3.13 ^a | 10.62±2.48 ^a |
| Su tutma kap. (%) | 56.60±3.22 ^a | 55.30±2.93 ^a | 54.40±4.34 ^a | 50.13±4.52 ^a |
| Serum ayrılması (%) | 23.68±4.80 ^b | 26.27±4.22 ^b | 30.95±2.92 ^{ab} | 35.80±4.01 ^a |
| 15. saniyede viskozite (cP) | 3085±316 ^a | 3015±580 ^a | 2400±334 ^{ab} | 1676±347 ^b |
| 30. saniyede viskozite (cP) | 2567±339 ^a | 2394±413 ^a | 1972±354 ^{ab} | 1462±310 ^b |
| Penetrometre (1/10 mm) | 175.00±2.08 ^c | 181.00±5.17 ^{bc} | 187.78±1.38 ^b | 199.78±4.40 ^a |

a, b, c: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden p<0.05 düzeyinde farklıdır.

Çizelgede görüldüğü gibi kefir yoğurtlarının kurumadde oranları %15.30 ile %15.61 arasında değişmiştir. Kurumadde değeri en yüksek

kefir yoğurdu A (kontrol) olurken bunu sırasıyla C, D ve B örnekleri izlemiştir. Kefir yoğurtları arasında % kurumadde bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Kefir yoğurtları üretiminde kullanılan çiğ sütün kurumadde oranı ve kullanılan süttozu ve demineralize peyniraltı suyu tozuna göre kefir yoğurtlarının kurumadde oranları beklenen değerleri almıştır. Dave ve Shah (1998), peyniraltı suyu tozu kullanarak ürettiği yoğurtların kurumadde değerini % 15.66 olarak bulmuştur. Gülfem (2008), aynı oranda yağsız süttozu ve peynir suyu konsantresi kullanarak ürettiği yoğurtlarda depolamanın 1. gününde kurumadde oranlarında istatistiksel olarak fark bulunmadığını bildirmiştir.

Kefir yoğurtlarının yağ oranları % 4.00 ile % 4.37 arasında değişmiştir. Yağ değeri en yüksek kefir yoğurdu A (kontrol) olurken bunu sırasıyla D, C ve B örnekleri izlemiştir. Kefir yoğurtları arasında % yağ bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Kefir yoğurtları üretiminde kullanılan çiğ sütün yağ oranına göre kefir yoğurtlarının yağ oranları beklenen değerleri almıştır. Yoğurtta yağ metabolizması çok düşük seviyede olsa da, yoğurdun tadında önemli değişikliklere sebep olmaktadır (Özdemir ve Bodur, 1994). Kefir yoğurtları Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği göre 'tam yağlı yoğurt' sınıfına girmektedir (Anon., 2009).

Kefir yoğurtlarının protein oranları % 4.08 ile % 4.40 arasında değişmiştir. Protein değeri en yüksek kefir yoğurdu A (kontrol) olurken bunu sırasıyla B, C ve D örnekleri izlemiştir. Kefir yoğurtları arasında % protein bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Örneklerin protein oranları kullanılan süttozu ve demineralize peyniraltı suyu tozuna göre uyumlu bir sonuç göstermiştir. Bu durum kullanılan süttozunun daha yüksek protein oranına sahip olmasından dolayı en yüksek protein oranı sadece süttozu kullanılan örnekte belirlenmiştir. Aynı şekilde kullanılan demineralize peyniraltı suyu tozunun daha düşük protein oranına sahip olması sebebiyle en düşük protein oranı sadece demineralize peyniraltı suyu tozu kullanılan örnekte (D) tespit edilmiştir. Güven ve Karaca (2003) ve Arslaner (2002), yaptığı benzer çalışmalarda kullanılan peyniraltı suyu tozu oranı arttıkça yoğurt örneklerinin protein oranlarının azaldığını belirlemişlerdir. Akal (2011), peyniraltı suyu tozu ve yağsız süttozunun fermente krema üretiminde kullanılması üzerine yaptığı bir çalışmada en yüksek toplam azot değerlerine yağsız süttozu ilave edilen örneklerde rastlanarak eklenen

yağsız süttozu oranının artmasıyla da toplam azot değerinin arttığını tespit etmiştir.

Kefir yoğurtlarının laktoz oranları % 5.85 ile % 6.40 arasında değişmiştir. Laktoz oranı en yüksek kefir yoğurdu D olurken bunu sırasıyla C, B ve A (kontrol) örnekleri izlemiştir. Kefir yoğurtları arasında % laktoz bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Demineralize peyniraltı suyu tozunun yüksek laktoz oranına sahip olmasından dolayı en yüksek demineralize peyniraltı suyu tozunun sadece demineralize peyniraltı suyu tozu kullanılarak üretilen kefir yoğurdu olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin laktoz oranları kullanılan süttozu ve demineralize peyniraltı suyu tozuna göre uyumlu bir sonuç göstermiştir. Djurdjević Denin ve ark. (2002), demineralize peyniraltı suyu tozu kullanarak ürettiği yoğurt örneklerinin laktoz değerlerini süttozu kullanılarak üretilen yoğurtlardan yüksek bulmuşlardır.

Kefir yoğurtlarının kül miktarları % 0.89 ile % 0.99 arasında değişmiştir. Kül miktarı en yüksek kefir yoğurdu A (kontrol) olurken bunu sırasıyla B, D ve C örnekleri izlemiştir. Kefir yoğurtları arasında % kül bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Peyniraltı suyu tozu demineralize edildiği için kül değerleri peyniraltı suyu tozu katkılı yoğurtlarda daha düşük bulunmuştur. Kavaz ve Bakırcı (2014), probiyotik yoğurtların organik asit profilleri üzerinde inülin ve demineralize peyniraltı suyu tozu eklenmesinin etkisini incelemiş ve yoğurt örneklerinin kül miktarlarını % 0.64 ile % 0.87 arasında bulmuştur.

Çizelgede görüldüğü gibi kefir yoğurtlarının en yüksek pH değeri A örneğinde saptanırken diğer örneklerde pH 4.66 olarak bulunmuştur. Kefir yoğurtlarının üretiminde farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımı bu örneklerin pH değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Güler ve ark. (1996), yayıkaltı tozunun yoğurt üretiminde kullanılması üzerine yaptığı çalışmada yayıkaltı tozu katkılı sütlerin daha düşük pH değerlerinde inkübasyona girdiğinden, streptococların çok iyi gelişme göstermediği yargısına varmıştır.

Çizelgede görüldüğü gibi kefir yoğurtlarının en yüksek asitlik değerleri A örneğinde bulunurken, bunu sırasıyla B, C ve D örnekleri izlemiştir. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde yoğurdun titrasyon asitliği değeri %LA cinsinden %0.6 ile %1.5 arasında olmalıdır (Anon., 2009). Bütün kefir yoğurtlarının bu değerler arasında olduğu saptanmıştır. Süttozu oranı arttıkça kefir yoğurtlarında laktik asit

değerinin de arttığı gözlenmiştir. Bu durumun nedeni olarak belli bir düzeyden sonra serum proteinlerinin laktik asit bakteri gelişimini yavaşlatmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Arslaner, 2002). Ayrıca yağsız süttozunun titrasyon asitliği demineralize peyniraltı suyu tozundan daha yüksek olduğu için kefir yoğurdu örneklerinde de süttozu katılan örneklerin daha yüksek titrasyon asitliğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımı, kefir yoğurtlarının titrasyon asitliği değerleri üzerinde meydana gelen değişiklikler önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelgeden görüldüğü en yüksek asetaldehit miktarı C örneğinde gözlenirken bunu sırasıyla D, B ve A örnekleri izlemiştir. Kefir yoğurtlarında farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımı asetaldehit miktarlarını istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkilemiştir ($p<0.05$). Değerlerin düşük olması, yoğurt üretimi için yoğurt kültürü yerine sadece kefir kültürü kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Karışık kültür kullanılarak üretilen yoğurtlarda asetaldehit değerlerinde değişimler olduğu (2.5-41.0 ppm) ve karakteristik bir yoğurt aromasının oluşması için yüksek miktarlarda asetaldehit gerekmediği bildirilmiştir (Arslaner, 2002).

Kefir yoğurtlarının en yüksek tirozin değerleri D örneğinde kaydedilirken bunu sırasıyla B, A ve C örnekleri izlemiştir. Farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımı kefir yoğurtlarının tirozin değerlerinde meydana gelen değişimler istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Atamer ve ark. 1993, hidrolize peyniraltı suyu konsantresinin yoğurt üretiminde kullanımı hakkında yaptığı araştırmada yoğurt örneklerinin tirozin değerlerini 0.0619 ile 0.1299 mg/g arasında bulmuştur. Ayrıca örneklerin 1. gün sonuçlarına göre hidrolize peyniraltı suyu konsantresi oranı artışıyla, tirozin değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Çizelgede görüldüğü gibi kefir yoğurtlarının toplam uçucu yağ asitleri miktarı en yüksek C örneğinde kaydedilirken bunu sırasıyla B, A ve D örnekleri izlemiştir. Farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımı kefir yoğurtlarının toplam uçucu yağ asidi miktarlarında meydana gelen değişimler istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelge incelendiğinde en yüksek su tutma kapasitesi A örneğinde tespit edilirken bunu sırasıyla B, C ve D örneklerinin izlediği belirlenmiştir. Örneklerde protein oranı arttıkça genellikle su tutma

kapasitelerinin de arttığı gözlemlenmektedir. Kefir yoğurtlarının üretiminde farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu kullanımı istatistiksel açıdan örneklerin su tutma kapasitelerini önemli düzeyde etkilenmemiştir ($p>0.05$).

Kefir yoğurtlarının en yüksek serum ayrılması değeri D örneğinde gözlenirken, bunu sırasıyla C, B ve A örnekleri izlemiştir. Farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımı kefir yoğurtları arasında istatistiksel açıdan önemli değişikliklere neden olmuştur ($p<0.05$). Kefir yoğurtlarına bakıldığında demineralize peyniraltı suyu tozu oranı arttıkça serum ayrılması değerinin de artmakta olduğu gözlenmiştir. Ersoy ve Uysal (2003), süttozu, peyniraltı suyu tozu ve yayıkaltı karışımları ile dane ve kültür olmak üzere iki yöntemle kefirler üretmiş ve serum miktarlarına bakıldığında her iki denemede de en yüksek değerlerin peyniraltı suyu kefirinde, en düşük değerler ise kontrol kefirinde ölçülmüştür. Peyniraltı suyu tozu kefirlerinde yüksek serum ayrılmasının nedeni olarak kazein yetersizliğinden kaynaklandığını bildirilmiştir.

En yüksek viskozite değerini A örneği alırken bunu sırasıyla B, C ve D örneği takip etmiştir. Kefir yoğurtlarının üretiminde farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımı viskozite değerlerini istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkilemiştir ($p<0.05$). Kefir yoğurtlarının 15. ve 30. saniyedeki viskozite değerlerine bakıldığında; ilave edilen demineralize peyniraltı suyu tozu oranı arttıkça viskozite değerleri düşmektedir. k-kazein ve b-laktoglobulin arasındaki etkileşim pıhtı yapısının en önemli faktörüdür. Peyniraltı suyunda daha çok serum proteinleri yer aldığından peyniraltı suyu konsantre oranı arttıkça k-kazein oranı azalmakta ve viskozite düşmektedir (Atamer ve ark., 1993).

Penetrometre değerinin yüksek olması kefir yoğurtlarının kıvamının yoğunluğunun az olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek penetrometre değerleri D örneğinde saptanırken bunu sırasıyla C, B ve A örnekleri izlemiştir. Genel olarak en yoğun kıvamlı örneğin A örneği olduğu tespit edilmiştir. Yoğurtların protein oranı arttıkça pıhtı sıklığı değerlerinin azalmakta olduğu düşünülmüştür. Kefir yoğurtlarının üretiminde farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımı penetrometre değerlerini istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkilemiştir ($p<0.05$). Güler ve ark. (1996), istenilen özellikte pıhtı elde edilmesi, sütün kurumaddesine (özellikle protein), süte uygulanan ısı işlem süresine, yoğurt starter bakterilerinin aktivitelere bağlı olduğunu bildirmiştir. Kefir yoğurtlarında kullanılan peyniraltı suyu

tozu oranının arttıkça protein değerlerinin düşüp yoğurtta penetrometre değerlerini yükselttiği düşünülmektedir.

Çizelge 2. Kefir yoğurtlarının renk değerleri

| Renk | A | B | C | D |
|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| L* | 95.35±0.77 ^a | 95.44±0.70 ^a | 94.88±0.78 ^a | 94.78±0.34 ^a |
| a* | -4.60±0.35 ^a | -4.79±0.28 ^a | -4.34±0.13 ^a | -4.41±0.22 ^a |
| b* | 15.51±1.33 ^a | 15.58±1.95 ^a | 12.81±2.08 ^a | 12.68±1.15 ^a |

a, b: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden $p<0.05$ düzeyinde farklıdır.

Çizelgede görüldüğü gibi en yüksek L* değerleri B örneğinde tespit edilirken, bunu sırasıyla A, C ve D örnekleri izlemiştir. Kefir yoğurtlarının üretiminde farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımı L* değerleri üzerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Gonzalez-Martinez (2002), tarafından yapılan bir çalışmada süttozu peyniraltı suyu tozu formülasyonuna göre % 22 oranında hazırlanan peyniraltı suyu tozu katkılı yoğurtların parlaklık değerleri diğer örneklere göre en düşük bulunmuştur. Ne kadar opaklık yüksekse o kadar parlaklığın yüksek olduğu bildirilmiştir.

Kefir yoğurtlarının en düşük a* değerleri B örneğinde bulunurken bunu sırasıyla A, D ve C örneği takip etmiştir. Kefir yoğurtlarının üretiminde farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımı a* değerlerini istatistiksel açıdan etkilememiştir ($p>0.05$). En yüksek b* değeri B örneğinde saptanırken, bunu sırasıyla A, C ve D örnekleri takip etmiştir. Kefir yoğurtlarında farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımı b* değerlerini istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkilememiştir ($p<0.05$).

Çizelge 3'te görüldüğü gibi kefir yoğurtlarının; kıvam (kaşıkla) özellikleri üzerinde farklı oranlarda süttozu ve demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımının etkilerinin önemli düzeyde olduğu tespit edilirken ($p<0.05$), dış görünüş, kıvam (ağızda), koku ve tat özellikleri ise farklı oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozu kullanımından etkilenmemiştir ($p>0.05$). En yüksek görünüş puanları B örneğinde saptanmış bunu sırasıyla C, A ve D örnekleri izlemiştir. En yüksek kaşıkla kıvam puanları yine B örneğinde saptanırken bunu sırasıyla A, C ve D örnekleri izlemiştir. Fiziksel özellikler en yoğun kıvamlı örneğin sadece süttozu kullanılarak üretilen kefir yoğurtları olduğunu gösterse de

panelistler % 2 süttozu, % 1 demineralize peyniraltı suyu tozu kullanılarak üretilen yoğurtların kıvam özelliklerini daha çok beğendiklerini belirtmişlerdir.

Çizelge 3. Kefir yoğurtlarının duyu özellikleri

| Özellikler | A | B | C | D |
|--------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Dış görünüş | 4.36±0.19 ^a | 4.55±0.35 ^a | 4.52±0.36 ^a | 4.24±0.50 ^a |
| Kıvam (kaşıkla) | 4.62±0.44 ^{ab} | 4.81±0.22 ^a | 4.52±0.18 ^{ab} | 4.12±0.11 ^b |
| Kıvam (ağızda) | 4.33±0.36 ^a | 4.38±0.36 ^a | 4.48±0.21 ^a | 3.90±0.30 ^a |
| Koku | 4.66±0.08 ^a | 4.71±0.07 ^a | 4.52±0.21 ^a | 4.43±0.38 ^a |
| Tat | 4.48±0.36 ^a | 4.67±0.22 ^a | 4.31±0.36 ^a | 4.21±0.31 ^a |
| Toplam | 22.45±1.08 ^{ab} | 23.11±1.12 ^a | 22.35±1.04 ^{ab} | 20.90±0.79 ^b |

a, b: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden $p < 0.05$ düzeyinde farklıdır.

En yüksek ağızda kıvam puanları C örneğinde saptanırken, bunu sırasıyla B, A ve D örnekleri izlemiştir. En yüksek koku puanını B örneği alırken bunu sırasıyla A, C ve D örnekleri takip etmiştir. Panelistler kefir yoğurtlarının kokuları arasında belirgin bir fark olmadığını belirtmiştir. En yüksek tat puanlarını yine B örneği alırken bunu sırasıyla A, C ve D örnekleri takip etmiştir. Yoğurtta ekşimsi bir tadı tercih etmeyen panelistler laktoz oranından dolayı demineralize peyniraltı suyu tozu kullanılarak üretilen kefir yoğurtlarını daha çok beğenmişlerdir. Tüm özellikler dikkate alındığında en yüksek puanı B örneği alırken, bunu sırasıyla A, C ve D örnekleri takip etmiştir.

Sonuç

Kefir yoğurtlarının genel özellikleri incelendiğinde demineralize peyniraltı suyu tozu oranı arttıkça; protein oranının azaldığı, laktoz oranının ise arttığı gözlemlenmiştir. Bu değişimin demineralize peyniraltı suyu tozunun bileşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Fiziksel

özellikler incelendiğinde örneklerdeki fiziksel özelliklerdeki değişimin kefir yoğurtlarının ve katılan tozun protein oranı ile alakalı olduğu belirtilmiştir. Renk ve görünüş açısından, örnekler arasında belirgin bir fark olmadığı saptanmıştır. Duyusal açıdan panelistler % 2 süttezu ve % 1 demineralize peyniraltı suyu tozu kullanılarak üretilen kefir yoğurtlarını (B) daha çok beğendiklerini bildirmişlerdir. Araştırma sonucuna göre oluşan tuzlu tadı elimine etmek için belli oranlarda demineralize peyniraltı suyu tozunun kurumadde artırıcı olarak süttözünün yerine veya birlikte değerlendirilerek gıda sektöründe peyniraltı suyunun değerlendirilmesini ve maliyetten kazanılması açısından kullanılması uygun bulunmuştur. Ayrıca panelistlerin fikirleri dikkate alınarak kefir yoğurtlarının gıda sektöründe kefir içeceği kadar ilgi göreceği anlaşılmaktadır.

Teşekkür

Bu araştırmayı (FYL-2017-7972) maddi olarak destekleyen Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Akal, H. C. (2011). Peyniraltı Suyu Tozu ve Yağsız Süttözünün Fermente Krema Üretiminde Kullanılması Üzerine Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara, 87s.
- Alagöz, A. (1992). Sütlerin Mikrodalga Fırın, Su Banyosu ve Ev Tipi Elektrikli Pastörizatörde İşlenmelerinin, Yoğurt Kalitesine Etkileri Üzerinde Karşılaştırmalı Bir Araştırma. Ç.Ü. Yüksek Lisans Tezi, Adana,76s.
- Anonymous (2009). Fermente Sütler Tebliği. T.G.K. R. Gazete 16.02.2009-27143
- Anonymous (2012a). Yoğurt ve Kefirin Farkı. <http://www.kefir.gen.tr/yogurt-ve-kefirin-farki.html>. Erişim tarihi: 01.07.2017
- Anonymous (2012b). Peyniraltı Suyu Tozu Kullanım Alanları. <http://www.suttozaturkiye.com/peynir-alti-suyu-tozu->

<2/peyniralti-suyu-tozu-kullanim-alanlari.html>. Erişim tarihi: 01.07.2017

- Anonymous (2015). Peynir Tebliği. TGK. R.Gazete 08.02.2015-29261
- Arslaner, A. (2002). Yoğurt Üretiminde Peyniraltı Suyu Tozunun Yağsız Süttozu Yerine Kullanılma Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum, 58s.
- Atamer, M., Aydın, G., ve Sezgin, E. (1993). Hidrolize Peyniraltı Suyu Konsantresinin Yoğurt Üretiminde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Gıda Dergisi, 18(2):83-88.
- Cemeroğlu, B. (1992). Meyve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları, Biltav Yayınları, Ankara, 381s.
- Dave, R. I., ve Shah, N. P. (1998). The Influence of Ingredient Supplementation on the Textural Characteristics of Yogurt. Australian Journal of Dairy Technology, 53(3):180.
- Durdević-Denin, J. D., Maćej, O. D., ve Jovanović, S. T. (2002). Viscosity of Set-style Yogurt as Influenced by Heat Treatment of Milk and Added Demineralized Whey Powder. Journal of Agricultural Sciences, Belgrade, 47(1):45-56.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. (1987). Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları 2). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ankara, 381s.
- Ersoy, M., ve Uysal, H. (2003). Süttozu, Peyniraltı Suyu Tozu ve Yayıkaltı Karışımları ile Üretilen kefirlerin Özellikleri Üzerine Bir Araştırma II. Bazı Fiziksel ve Duyusal Özellikler. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40(1):79-86.
- Esmek, E. M., ve Güzeler, N. (2015). Kefir ve Kefir Kullanılarak Yapılan Bazı Ürünler. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 19(4), 250-258.
- Gassem, M. A. ve Frak, J. F. (1991). Physical Properties of Yoghurt Made from Milk Tread with Proteolytic Enzymes. Journal of Dairy Science, 74:1503-1511.
- González-Martinez, C., Becerra, M., Cháfer, M., Albors, A., Carot, J. M., ve Chiralt, A. (2002). Influence of Substituting Milk Powder for Whey Powder on Yoghurt Quality. Trends in Food Science & Technology, 13(9):334-340.

- Güler, Z., Sezgin, E., ve Atamer, M. (1996). Yayıkalıtı Tozunun Yoğurt Üretiminde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. *Gıda/The Journal of Food*, 21(5):317-322.
- Gülfem, Ü. (2008). Kazeinat veya Peynir Suyu Protein Konsantresi ile Zenginleştirmenin Yoğurdun Duyusal, Biyokimyasal ve Reolojik özellikleri ile Yoğurt Bakterilerinin Gelişimi Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi Bölümü, İzmir, 180s.
- Gündüz, G. (2017). Mikrobiyom, Kefir ve Yaşlanma. *Batı Karadeniz Tıp Dergisi*, 1(3), 119-124.
- Gündüz, O., Kılıç, O., Emir, M., ve Aydın, G. (2013). Süt ve Süt Ürünleri Tüketiminde Tüketici Tercihlerini Etkileyen Faktörler: Samsun İli Örneği. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1):36-43.
- Güven, M. ve Karaca, O.B. (2003). Farklı Yöntemlerle Kurumaddesi Arttırılan Sütlerden Üretilen Yoğurtların Özellikleri. *Gıda*, 28(4):429-436.
- Hafıza, E. (2000). Süt Tozunun Peyniraltı Suyu Tozu ile Tağışının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 60s.
- Hull, M.E. (1947). Studies on Milk Proteins. II. Colorimetric Determination of The Partial Hydrolysis of the Proteins in Milk. *Journal of Dairy Science*, 30:881-884.
- IDF (1982). Determination of the Total Solid Content (Cheese and Processed Cheese).
- IDF (1993). Milk Determination of Nitrogen Content. IDF 20B, International Dairy Federation: 41, Brussels, 12p.
- Kahyaoğlu, T., Kaya, S. ve Kaya, A. (2005). Effects of Fat Reduction and Curd Dipping Temperature on Viscoelasticity, Texture and Appearance of Gaziantep Cheese. *Food Science and Technology International*, 11(3):191-198.
- Karatepe, P., ve Yalçın, H. (2014). Kefirli Sağlık. *Iğdır Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2):23-30.
- Kavaz, A., ve Bakirci, I. (2014). Influence of Inulin and Demineralised Whey Powder Addition on the Organic Acid Profiles of Probiotic

- Yoghurts. *International journal of dairy technology*, 67(4):577-583.
- Konar, A. (1980). İnek, Keçi, Koyun ve Manda Sütlerinin Çeşitli Sıcaklık Derecelerinde ve Değişik Sürelerde İşlenmelerinin Yoğurt Kalitesine Etkileri Üzerinde Araştırmalar. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Doçentlik Tezi, Adana, 165s.
- Kosikowski, F. V. (1978). *Cheese and Fermented Milk Foods*, Ithaca. New York, 304p.
- Kosikowski, F. V. (1979). *Whey Utilization and Whey Products 1*. *Journal of Dairy Science*, 62(7):1149-1160.
- Kurt, A., Çakmakçı, S. ve Çağlar, A. (2007). *Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi*. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 252/D, 254s.
- Küçüköner, E. (2011). *Peynir Tozu ve Peyniraltı Suyu Tozu Üretimi*. 1. Ulusal Helal ve sağlıklı Gıda Kongresi, Ankara, s. 80-85.
- Less, G. J. ve Jago, G. R. (1969). *Methods for the Estimation of Acetaldehyde in Cultured Dairy Products*. *Australian Journal of Dairy Technology*, 24:181-185.
- MEB (2007). *Gıda Teknolojisi-Kefir*. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara, 42s.
- Özdemir, S., ve Bodur, A. E. (1994). *Yoğurt Üretimi Sırasında Oluşan Fiziksel, Kimyasal ve Biyokimyasal Olaylar*. *Journal of the Faculty of Agriculture*, 25(3):479-487.
- Özdemir, S., Özdemir, C., Yangınlar, F., ve Yılmaz, M. (2008). *Süt Sanayiinde Elektrodiyalizin Kullanımı*. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum, s.661-664.
- Özer, B. (2006). *Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi*. 1. Baskı, Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir, 488s.
- Tamime, A.Y., Barrantes, E. ve Sword, A. M. (1996). *The Manufacture of Set Type Naturel Yogurt Containing Different Oils-I. Compositional Quality Microbiological Evaluation and Sensory Properties*. *Journal of The Society of Dairy Technology*, 49(1).
- Tosun, B., Arslan, G., ve Öner, Z. (2011). *Peyniraltı Suyunun Yoğurt Üretiminde Kullanım Olanakları*. *Gıda Dergisi*, 36(5):279-285.

- TSE (2006). TS 1330, Yoğurt Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ünal, F., G. (2013). Kuru Madde Oranları Farklı Sütlerden Starter Kültür ve Dane ile Üretilen Set Tipi Kefirlerin Duyusal, Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya, 63s.
- Wu, H., Hulbert, G. J. ve Mount, J. R. (2001). Effects of Ultrasound on Milk Homogenization and Fermentation with Yogurt Starter. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1:211-218.
- Yalçın, A. S., ve Türkoğlu, M. (2010). Süt Serumu Proteinlerinin Lipozomlanması. *Marmara Medical Journal*, 23(1):22-29.
- Yerlikaya, O., Kınık, Ö., ve Akbulut, N. (2010). Peyniraltı Suyunun Fonksiyonel Özellikleri ve Peyniraltı Suyu Kullanılarak Üretilen Yeni Süt Ürünleri. *Gıda*, 35(4):289-296.
- Young, S. (2007). *Whey Products in Ice Cream and Frozen Dairy Desserts. Applications Monograph* (serial on the Internet).
- Yüksekdağ, Z. N., ve Beyatlı, Y. (2003). Kefir Mikroflorası ile Laktik Asit Bakterilerinin Metabolik, Antimikrobiyal ve Genetik Özellikleri. *Orlab On-line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(02):4

SOME QUALITY PROPERTIES OF KURUT PRODUCED IN BOLU

Nuray GÜZELER*, **Yeliz PARLAK****, **Murat KALENDER***** & **Firuza KOBOYEVA******

Abstract: In recent years there is an increasing demand for traditional fermented foods. Kurut, a concentrated milk product, is produced by the drying of yogurt or ayran after dewatering and adding the salt. Kurut comes from Central Asia to Turkey. It is also known as Keş, Aaruul, Jameed and Quroot in different countries. Besides the different definitions, production methods differ among regions. Studies on kurut are scarce and therefore its effects on human health are not known. In this study, a total of 25 kurut samples, produced at homes traditionally, were collected from regional markets in Bolu and some quality properties of them were investigated. The mean of pH, total acidity as lactic acid, total dry matter (DM), fat content, fat content in dry matter, protein content, protein content in dry matter, salt content, salt content in dry matter, ash content, water soluble nitrogen (WSN) content and total free amino acid (TFAA) contents were found as 4.06 ± 0.32 , 1.60 ± 0.32 %, 66.54 ± 8.17 %, 6.64 ± 1.69 %, 9.91 ± 1.87 %, 35.44 ± 6.09 %, 53.09 ± 4.90 %, 9.30 ± 1.66 %, 14.28 ± 3.57 %, 13.49 ± 4.98 %, 0.696 ± 0.383 % and 1.332 ± 0.003 mg Leu/100 ml, respectively. Results showed that kurut can be beneficial for human health and further researches and studies are needed to develop standards.

Keywords: Kurut, Traditional Food, Quality Properties, Production

1. Introduction

Milk and dairy products are highly nutritious food commodities consumed and loved by people. Moreover, milk and dairy products are suitable mediums for the growth of microorganisms since they are rich in nutrients (Akyüz et al., 1993). Milk is processed into more shelf life products (Kamber, 2008). Yogurt is one of the most important dairy product (Kurt, 1970). However, it is known its shelf life is in the range of 1-2 weeks. As a result of that, there was a need to convert it to a more shelf life product (Soltani, 2009).

* Cukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Prof.

** Sakarya University, Vocational School of Pamukova, Lecturer

*** Cukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Research Assistant, PhD student

**** Cukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Master's student

In the ancient times, people dried the curd of ayran and yogurt samples after the heat and remove the water in them to increase the shelf life by protecting their specific characteristics (Akyüz and Gülümser, 1987). The product of this process was named as "kurut" (Eralp, 1953).

Kurut comes to Turkey from Central Asia and it is produced in Eastern Anatolia, Central Anatolia, Southeastern Anatolia, Black Sea and Mediterranean regions (Kırdar, 2012; Anon, 2017).

Kurut is a Turkish word derived from "kurutmak" which is a verb means drying in Turkish (Patır and Ateş, 2002). It is known as Kurt (Kypr) in Kazakhstan, Uzbekistan, Turkmenistan, Kyrgyzstan and Tajikistan, Aaruul in Mongolia, Kashk in Iran, Quroot in Afghanistan and Jameed in Saudi Arabia. Kurut is produced by filtering, shaping and drying of yogurt and mainly produced by families traditionally to meet their own needs in the seasons that milk is found very much, for example, summer (Kırdar, 2012). Kurut has a sour taste, looks like yogurt after it is diluted with water and has a thick consistency and consumed after grading as small pieces by adding into soups, meat pasty, pasta and some regional foods (Çakır et al., 2009).

According to the Turkish Food Codex Fermented Dairy Products, Kurut is a dairy product classified in the traditional concentrate fermented dairy products of which protein content is increased to at least 5.6% before or after fermentation (TGK, 2009).

Kurut contains animal proteins, which are essential for the development and healthiness of people, together with minerals such as calcium, potassium and phosphorus at important levels (Soltani, 2009).

In the study of Çakır and others (2009), totally 20 Keş cheeses were collected from Bolu at different times for the evaluation of chemical, microbiological and sensorial properties of them. According to the results of the chemical analysis, the mean of dry matter, ash, protein, fat, salt contents, acidity and pH values of cheeses were 61.59%, 13.66%, 32.42%, 6.30%, 13.26%, 0.22% and 3.81, respectively. Results of the microbiological evaluation showed that total aerobic bacteria, mold and yeasts, *Lactobacillus* spp. and *Streptococcus* spp. were 4.50, 3.99, 3.80 and 3.41 log cfu/g, respectively. Coliform and *E. coli* was not detected. Mean water activity (aw) of the samples was 0.74.

In another study, chemical and microbiological properties of kurut samples, which were produced by spontaneous fermentation of yak milk in China, were investigated. Total dry matter, fat, total protein, lactose, ash contents and titration acidities were 14.3 ± 1.52 g/100g, 5.37 ± 1.04 g/100g, 5.44 ± 1.06 g/100g, 2.34 ± 0.172 g/100g, 0.860 ± 0.080 g/100g $158 \pm 16.3^\circ\text{T}$, respectively. Mean lactic acid bacteria count was 9.18 ± 0.851 log cfu/ml and yeast count was 8.33 ± 0.624 log cfu/ml. Also, it was concluded that kurut is more nutritious than yogurt (Zhang et al., 2008).

In another study on the evaluation of chemical, biochemical and microbiological properties of traditional Turkish cheese, Kurut, dry matter, fat, fat in dry matter, salt, salt in dry matter, ash and pH values were determined as 56.17 ± 6.07 , 8.79 ± 2.84 , 15.78 ± 5.39 , 3.22 ± 1.35 , 5.68 ± 2.19 , 4.31 ± 1.29 g/100g cheese and 4.75 ± 0.59 , respectively. The WSN/TN, TCA/TN and PTA/TN values were in the range of 1.79-28.53%, 1.67-23.24%, and 0.44-17.56%, respectively (Dervişoğlu et al., 2009).

Tarakçı et al. (2001) investigated the production method, physical, chemical and microbiological properties of 20 different Keş samples which are produced in different regions in Ordu. According to the chemical analysis results, dry matter, water, fat, non-fat dry matter, ash, salt, protein, pH and titration acidity (as lactic acid) values were 68.03%, 31.97%, 11.35%, 56.68%, 8.33%, 7.08%, 42.34%, 3.9 and 2.64%, respectively. Microbiological counts were as follows: total bacteria, yeasts and molds, lactic acid bacteria, proteolytic bacteria and lipolytic bacteria were 5.981, 4.686, 4.466, 4.536 and 3.930 log/g, respectively. Coliform group bacteria were not detected in the investigated Keş samples.

Traditional Production of Kurut

As it was mentioned in previous parts, kurut production methods change among different regions (Dervişoğlu et al., 2009). For the kurut production, mainly cow milk, goat milk or sheep milk are used. On the other hand, mare milk in Mongolia and Bashkortostan, buffalo milk in Armenia, camel milk in Afghanistan and Kyrgyzstan are used in the production of Kurut (Anon, 2017).

Shapes of Kurut samples which is used in the present study were determined as big, rectangle, triangle and conical. Colour and appearance, structure, smell and taste were identified as opaque white, rigid, acidic, salty and acidic, respectively. In Figure 1 is shown traditional kurut production.

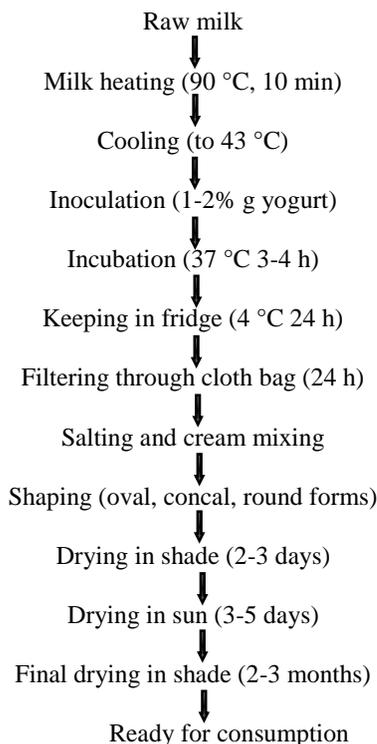


Figure 1. Traditional Production Procedure of Kurut

Raw milk is heated to 90°C for 10 min and then cooled to 43°C. After cooling, 1-2% of yogurt is added as a starter and it is incubated at 37 °C for 3-4 hours for fermentation. At the end of the incubation, yogurt is cooled to 4 °C and stored for 24 hours in the fridge. Then cooled yogurt is put into cloth bags to be filtered for 24 hours. After filtering, salt is added, mixed and different shapes are formed mainly by hand. After shaping, kurut samples are dried for 2-3 days in the shade. Then they are sun-dried for 3-5 days and finally dried in the shade for 2-3 months and stored there until the consumption.

In the present study, physicochemical properties of kurut samples which are produced in Turkey were investigated. For that purpose, 25 samples were analyzed which were collected from Bolu and were produced at different times.

2. Materials and Methods

Material of this study is 25 kurut samples, each 300 grams that were collected from regional markets in Bolu, Turkey. Samples were vacuum-packed and taken to the Çukurova University, Faculty of Agriculture, Food Engineering Department, Dairy Technology Laboratory for the analysis and were kept at 4±1 °C until analysis. Kurut samples were ground by ceramic mortar and powder form was used for analysis.

10 g of kurut sample is mixed with 10 ml of distilled water and homogenized by Ultra Turrax blender for pH measurement. pH of the mixture is measured by a digital pH-meter (Inolab pH 720, WTW GmbH, Weilheim, Germany) (Hannon et al., 2003). Titration acidity as lactic acid was determined by alkali titration method (Metin and Öztürk, 2002). Dry matter was determined by gravimetric method (IDF, 2004). Fat contents of kurut samples were determined according to the Gerber method by using special cheese butyrometer 0 - 40 scale (IDF, 2008). Ash content was calculated by incineration in the muffle furnace at $525\pm 25^{\circ}\text{C}$ gravimetrically (COMECTA, Barcelona, Spain) (AOAC, 1984; Kurt, 1984). Protein contents of the samples that were exposed to wet decomposition were determined by multiplying percent nitrogen content, determined by Micro-Kjeldahl, by factor 6.38 (IDF, 2014). Salt contents were determined according to the Mohr titration method by titration with 0.1 N AgNO_3 and results were shown as % (Hayaloğlu et al., 2011). Fat in dry matter, protein in dry matter and salt in dry matter were calculated from related results.

The water soluble nitrogen contents were done according to the methods of Kuchroo & Fox (1982) and Hayaloğlu (2003). 20 g of kurut cheese sample was mixed with 40 ml of water and homogenized by blender for 2 min. This mixture is held in water bath at 40°C and then centrifuged for 30 minutes at 4°C , 3000 round/min. After centrifugation, fat layer at the top was removed by a spatula and then the rest of the liquid layer was filtered by a filter paper (615 m, white, Macheerey-Nagel, Germany). Then 10 ml of filtrate was used for the standard micro-Kjeldahl method and water soluble nitrogen content analysis.

The total free amino acid contents of the Kurut samples were done according to the method of Doi et al. (1981) with the application of the method of Folkertsma and Fox (1992). The Absorbance of the sample that was prepared by Cd-ninhydrin reagent was determined at 507 nm.

Reagents: cadmium-ninhydrin reagent: 0.8 g of ninhydrin was solved in the mixture of 80 ml of ethanol and 10 ml of acetic acid and then 1 g of CdCl_2 that was solved in 1 ml of water was added.

Method: For the determination of water soluble nitrogen, 100 μl of aqueous mixture (according to the expected free amino acid content) was taken and solved in 1 ml of water. 2 ml of Cd-ninhydrin reagent is added. The mixture is heated to 84°C for 5 min and then cooled down and the absorbance of the mixture was measured at 507 nm in UV-spectrophotometer (UV/VIS, SHIMADZU, Kyoto, Japan). Results were calculated by using the standard curve and given as mg Leu/100 ml cheese.

An Absorbance of different concentrations of leucine solutions were measured at 507 nm for the plotting of the curve. Data for known concentrations of solutions were used to make the standard curve, plotting the concentrations versus absorbance. Absorption of kurut samples were converted to Leu/100 ml by using the standard curve's equation.

Minimum, maximum and mean values of each sample were calculated by statistical analysis and also standard deviation of the samples was calculated by SPSS 20.0 statistical package program (Özdamar, 2011).

3. Results and Discussion

Maximum, minimum and mean values with standard errors for each physicochemical property of analyzed kurut samples are given in Table 1.

Minimum, maximum and mean pH values were 3.71, 4.90 and 4.06 ± 0.32 , respectively. pH values of kurut samples were less than the used yogurt for the production as a result of the pH reduction during drying. pH values were less than the pH values obtained from previous studies. In other studies, Kamber (2008), Güven and Karaca (2009) and Soltani and Güzeler (2009) reported 4.15, 4.28 and 4.27, respectively.

Minimum, maximum and mean titratable acidity values as lactic acid % were 0.99, 2.39 and $1.60\pm 0.32\%$ as shown in Table 1. Mean results were higher than the value 0.47, 1.18 and $1.40\pm 0.29\%$ obtained in the studies of Yöney (1959), Akyüz et al. (1993) and Soltani (2009), respectively. On the other hand, titratable acidity values of the present study were less than some other studies. For example, Kamber (2008) and Patır and Ateş indicated the acidity values as 2.91 ± 0.21 and $2.40\pm 1.08\%$, respectively. Also, values of present study were higher than 0.32 ± 0.15 which are determined in another study on 64 Keş samples collected from Burdur (Kırdar, 2012). Differences in titration acidity values of kurut samples could be as a result of the different production methods or different properties of yogurts used in the production of kurut.

Dry matter of the food is important on the quality, consistency, composition, shelf life and nutrients of the product (Soltani, 2009). Minimum, maximum and mean dry matter values of the analyzed kurut samples in the present study were 54.88, 82.54 and $66.54\pm 8.17\%$, respectively (Table 1). In some other studies, higher dry matter values were investigated. For example, Soltani (2009), Kamber (2008), Karabulut et al. (2007), Akyüz et al. (1993) and Akyüz & Gülümser (1987) determined dry matter values in their studies as 85.79, 87.9, 84.25, 85.5, 79.69%, respectively.

Table 1. Some quality properties of the Kurut samples

| Model | pH | Titrateable Acidity (as l.a.%) | Dry Matter (%) | Fat (%) | Protein (%) | Salt (%) | Ash (%) | WS N (%) | TFAA mg leu/100 ml | Salt in DM | Fat in DM | Protein in DM |
|-----------------|------|--------------------------------|----------------|---------|-------------|----------|---------|----------|--------------------|------------|-----------|---------------|
| 1 | 3.82 | 1.53 | 78.20 | 10.00 | 42.13 | 8.35 | 12.72 | 0.170 | 1.334 | 10.67 | 12.79 | 53.88 |
| 2 | 4.40 | 0.99 | 77.73 | 9.50 | 41.95 | 10.24 | 14.04 | 0.170 | 1.335 | 13.17 | 12.22 | 53.97 |
| 3 | 3.71 | 2.02 | 68.80 | 6.00 | 37.15 | 9.85 | 13.80 | 0.149 | 1.328 | 14.31 | 8.72 | 54.00 |
| 4 | 4.07 | 2.17 | 81.13 | 7.50 | 45.82 | 7.01 | 17.79 | 0.186 | 1.326 | 8.64 | 9.24 | 56.48 |
| 5 | 4.32 | 1.37 | 68.91 | 8.00 | 39.86 | 7.52 | 11.52 | 0.161 | 1.332 | 10.92 | 11.61 | 57.85 |
| 6 | 3.76 | 1.83 | 72.27 | 9.50 | 41.88 | 7.28 | 11.61 | 0.169 | 1.329 | 10.07 | 13.15 | 57.95 |
| 7 | 3.76 | 1.58 | 82.54 | 8.50 | 48.28 | 9.16 | 14.60 | 0.197 | 1.327 | 11.10 | 10.30 | 58.49 |
| 8 | 4.29 | 1.57 | 65.30 | 8.50 | 34.24 | 8.45 | 12.11 | 0.137 | 1.332 | 12.94 | 13.02 | 52.44 |
| 9 | 3.84 | 2.15 | 61.62 | 6.00 | 30.30 | 10.08 | 14.63 | 1.023 | 1.327 | 16.35 | 9.74 | 49.17 |
| 10 | 4.37 | 1.33 | 70.00 | 7.00 | 36.73 | 10.04 | 12.58 | 0.819 | 1.336 | 14.35 | 10.00 | 52.47 |
| 11 | 3.85 | 1.52 | 61.40 | 4.00 | 33.05 | 11.63 | 14.56 | 0.961 | 1.332 | 18.95 | 6.51 | 53.82 |
| 12 | 3.82 | 1.58 | 62.78 | 6.50 | 28.42 | 10.99 | 14.96 | 1.008 | 1.328 | 17.51 | 10.35 | 45.26 |
| 13 | 4.19 | 1.80 | 60.67 | 6.00 | 33.70 | 11.33 | 12.56 | 0.952 | 1.334 | 18.68 | 9.89 | 55.54 |
| 14 | 3.80 | 1.52 | 58.64 | 3.50 | 24.30 | 12.21 | 16.25 | 1.126 | 1.328 | 20.83 | 5.97 | 41.44 |
| 15 | 4.48 | 1.72 | 64.45 | 7.00 | 29.73 | 9.75 | 12.89 | 0.966 | 1.334 | 15.13 | 10.86 | 46.13 |
| 16 | 4.49 | 1.39 | 79.20 | 6.50 | 42.84 | 8.75 | 11.67 | 0.539 | 1.334 | 11.05 | 8.21 | 54.09 |
| 17 | 3.89 | 1.42 | 57.61 | 4.50 | 35.13 | 10.00 | 12.77 | 0.957 | 1.331 | 17.35 | 7.81 | 60.98 |
| 18 | 4.57 | 1.31 | 64.12 | 7.50 | 35.05 | 8.66 | 10.57 | 0.969 | 1.334 | 13.51 | 11.70 | 54.66 |
| 19 | 3.85 | 1.47 | 58.61 | 6.50 | 28.09 | 11.06 | 16.02 | 0.977 | 1.330 | 18.88 | 11.09 | 47.92 |
| 20 | 3.92 | 1.51 | 58.45 | 5.00 | 33.21 | 9.28 | 12.35 | 1.028 | 1.333 | 15.87 | 8.55 | 56.82 |
| 21 | 3.85 | 1.72 | 64.93 | 6.00 | 35.00 | 7.58 | 13.27 | 0.960 | 1.336 | 11.68 | 9.24 | 53.91 |
| 22 | 4.90 | 1.18 | 59.43 | 5.50 | 36.66 | 5.00 | 9.73 | 0.971 | 1.336 | 8.42 | 9.25 | 61.68 |
| 23 | 3.85 | 1.36 | 59.37 | 5.50 | 29.40 | 9.24 | 16.53 | 1.005 | 1.334 | 15.57 | 9.26 | 49.52 |
| 24 | 3.83 | 2.39 | 72.46 | 6.00 | 36.08 | 8.48 | 12.00 | 0.737 | 1.334 | 11.70 | 8.28 | 49.79 |
| 25 | 3.86 | 1.56 | 54.88 | 5.50 | 26.98 | 10.67 | 15.64 | 1.058 | 1.334 | 19.44 | 10.02 | 49.15 |
| max | 4.90 | 2.39 | 82.54 | 10.00 | 48.28 | 12.21 | 17.79 | 1.126 | 1.336 | 20.83 | 13.15 | 61.68 |
| min | 3.71 | 0.99 | 54.88 | 3.50 | 24.30 | 5.00 | 9.73 | 0.137 | 1.326 | 8.42 | 5.97 | 41.44 |
| X ^a | 4.06 | 1.60 | 66.54 | 6.64 | 35.44 | 9.30 | 13.49 | 0.696 | 1.332 | 14.28 | 9.91 | 53.09 |
| SD ^b | 0.32 | 0.32 | 8.17 | 1.69 | 6.09 | 1.66 | 1.98 | 0.386 | 0.003 | 3.57 | 1.87 | 4.90 |

a-Mean; b- Standard Deviation; n=25

As it is known, fat directly affects the taste, nutritive value and structure of the dairy products at important levels (Akyüz et al., 1993; Soltani and Güzeler, 2009). As it is shown in Table 1, minimum, maximum and mean values of the investigated Kurut samples were 3.5, 10 and $6.64 \pm 1.69\%$, respectively. Results of the present study are close to the fat content as $5.57 \pm 0.43\%$ that was obtained in the study of Zhang and others (2008). On the other hand, in some other studies, higher fat values were determined. For example, Akyüz and others (1993), Güven and Karaca (2009), Soltani and Güzeler (2009), Akyüz and Gülümser (1987), Kamber (2008), Patır and Ateş (2002) determined fat content values in their studies as 8.52, 8.44 ± 3.64 , 9.17 ± 3.10 , 10.58, 45.88 ± 3.28 , 37.14%, respectively. Minimum, maximum and mean fat contents of kurut samples on dry matter basis were 5.97, 13.15 and $9.91 \pm 1.87\%$, respectively. Patır and Ateş (2002) determined the minimum, maximum and mean fat content values in dry matter basis as 15.88, 63.86 and 37.14 %, respectively which are higher than present results. Differences in fat contents and in dry matter values of kurut samples could be as a result of the different production methods or using different yogurts produced from milks obtained from different animals (Akyüz and Gülümser, 1987; Soltani and Güzeler, 2009).

Minimum, maximum and mean protein contents in kurut samples were 24.30, 48.28 and $35.44 \pm 6.09\%$, respectively (Table 1). In the study of Güven and Karaca (2009) protein values were higher than the present study. In this study, minimum, maximum and mean protein values were 45.04, 65.80 and $53.41 \pm 4.58\%$, respectively. On the other hand, Çakır et al. (2009) determined as 32.42% which are close to results of present study. Kamber (2008) reported mean value as $25.53 \pm 2.20\%$ which was less than from the present study. Minimum, maximum and mean protein contents in dry matter were 41.44, 61.68 and $53.09 \pm 4.90\%$, respectively. It is thought that differences in protein and dry mass values of the kurut samples can be as a result of the raw material differences (Akyüz and Gülümser, 1987).

Salt is added to dairy products to increase durability and to develop the taste, flavour and aroma (Kamber, 2008). Minimum, maximum and mean salt contents of analyzed 25 kurut samples were 5.00, 12.21 and $9.30 \pm 1.66\%$, respectively. Differences in salt levels are observed among samples as a result of the addition of different levels of salt in kurut samples by different producers. Kamber (2008) reported mean salt levels of kurut samples collected from Kars as 6.65%. Adam (1971) reported minimum, maximum and mean levels of kurut samples as 4.68, 17.85 and 9.11%, respectively. Akyüz and Gülümser (1987) determined as 9.66% in their study. Results of present study were close to the results of Akyüz

and Gülümser (1987) but higher than the results of Kamber (2008). Minimum, maximum and mean salt content in dry matter of kurut samples were 8.42, 20.83 and $14.28 \pm 3.57\%$, respectively as shown in Table 1.

Mineral compounds in milk defined as "milk salts" or "ash of milk" in some resources (Metin, 2009). Minimum, maximum and mean ash contents in analyzed samples were 9.73, 17.79 and $13.49 \pm 1.99\%$, respectively. These results were higher than 9.98 ± 1.70 , 11.79 and 11.06% that were determined in the studies of Kamber (2008), Patır and Ateş (2002) and Akyüz and Gülümser (1987), respectively. On the other hand, these values were less than 15.63 and 14.89% that were obtained in the studies of Soltani (2009) and Akyüz and others (1993), respectively. As it can be seen, differences were observed among kurut samples from the ash contents point of view. This can be due to the addition of salt at different levels during the kurut production (Kamber, 2008; Soltani, 2009). Also, mineral contents in milk can change according to the species, breeds, lactation, diet, season or mastitis infection of animal that milk was obtained from (Metin, 2009).

The WSN is described as an indicator of proteolysis and ripening (Koçak et al., 1997). Also, it is affected by the large peptides that were produced after the break down of casein by coagulant and plasmin enzymes (Fox and McSweeney, 1997). In present study, maximum, minimum and mean WSN contents of kurut samples were 1.126, 0.137 and $0.96 \pm 0.383\%$, respectively. These results were less than the values obtained by Kırdar (2012) as $7.71 \pm 6.80\%$. However, in the same study, some values of Keş samples were determined as 1.33% that were similar to our results. In the same way, Dervişoğlu et al. (2009) studied on Keş cheeses collected from Ordu and minimum, maximum and mean WSN contents were 1.79, 28.53 and $9.36 \pm 6.69\%$, respectively. Main reasons for the differences among samples can be due to the different seasons of the collected samples, different compositions of the milk and environmental factors.

The total free amino acid contents in proteins are determined by dyeing the functional amino groups of amino acids with a chromophore compound (Wallace and Fox, 1998). As it can be seen in Table 1, total free amino acid contents of kurut samples decreased with increasing salt concentration. In this study maximum, minimum and mean total free amino acid contents of Kurut samples were found to be 1.336, 1.326 and 1.332 ± 0.003 mg leu/100 ml, respectively.

4. Conclusion

In this study, physicochemical properties of the kurut samples, produced traditionally in Bolu, were investigated. Analyzed kurut

samples contain protein at high levels and fat at low levels and therefore they can be thought as healthy for the human diet. Results showed that there are differences between the analyzed samples and results of the other studies for investigated properties. This can be due to the different production methods applied by producers for dairy products at different conditions without a standard protocol.

Acknowledgements

The authors thank the Scientific Research Projects Directorate of Çukurova University for supporting the present study (FBA-2017-7936).

References

- Adam R.C. (1971). Süt Tozu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 84, Ege Üniv. Matbaası, Bornova, İzmir.
- Akyüz N., Gülümser S. (1987). Kurutun Yapılışı ve Bileşimi Üzerine Bir Araştırma. *GIDA – Journal of Food*, 12 (3), 185-191.
- Akyüz N., Coşkun H., Bakırcı I. and Çon A.H. (1993). Van ve Yöresinde İmal Edilen Kurutlar Üzerinde Bir Araştırma. *GIDA – Journal of Food*, 18 (4), 253-257.
- Anonymous, (2017). <http://vkusnoblog.net/products/kurt>. Access date: 01.02.2018.
- AOAC. (1984). Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis. 14th ed. Association of Analytical Chemist, Washington, DC.
- Çakır I., Coşkun H., Akoğlu I.T., İşleyen M.F., Kırılan M. and Bayrak A. (2009). Introducing a Traditional Dairy Product Kes: Chemical, Microbiological and Sensorial Properties and Fatty Acid Composition. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7, 116-119.
- Dervişoğlu M., Tarakçı Z., Aydemir O., Temiz H. and Yazıcı F. (2009). A Survey on Selected Chemical, Biochemical and Sensory Properties of Kes Cheese, a Traditional Turkish Cheese. *International Journal of Food Properties*, 12, 358-367.
- Doi E., Daisuke S. and Matoba T. (1981). Modified Colorimetric Ninhydrin Methods for Peptidase Assay. *Analytical Biochemistry*, 118 (1), 173-184.
- Eralp M. (1953). Kurut, Yapılışı ve Terkibi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yıllığı, Fasikül, 3-4, 201-298.
- Folkertsma B., Fox P.F. (1992). Use of Cd-ninhydrin Reagent to Assess Proteolysis in Cheddar Cheese During Cheese Ripening. *Journal of Dairy Research*, 59 (2), 21-24.
- Fox P.F. ve McSweeney P.L.H. 1997. Rennets: Their Role in Milk Coagulation and Cheese Ripening. *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*, BA Law (ed), Chapman and Hall, London, pp.1-49.

Güven M., Karaca O. B. (2009). Van ve Şırnak İllerinden Temin Edilen Kurutulmuş Yoğurtların (Kurut) Bileşim Özellikleri. *GIDA – Journal of Food*, 34 (6), 367-372.

Hannon J. K., Wilkinson M. G., Delahunty C. M., Wallace C. M., Morrissey P. A. and Beresford T. P. (2003). Use of Autolytic Starter Systems to Accelerate the Ripening of Cheddar Cheese. *International Dairy Journal*, 13 (11), 313-323.

Hayaloğlu A.A. (2003). Starter Olarak Kullanılan Bazı Lactococcus Suşlarının Beyaz Peynirlerin Özellikleri Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 170 s.

Hayaloğlu A.A., Topçu A. and Koca N. (2011). Peynir Analizleri, Peynir Biliminin Temelleri, 1.basım, Sidas, İzmir, 489-562s.

IDF. (2004). Cheese and Processed Cheese. Determination of the Total Solids Content (Reference Method). ISO 5534:2004 (IDF 4: 2004). International Organization for Standardization.

IDF. (2008). Cheese. Determination of Fat Content. Butyrometer for Van Gulik method. ISO 3432:2008 (IDF 221: 2008). International Organization for Standardization.

IDF.,(2014). Milk and Milk Products. Determination of Nitrogen Content. Part 1: Kjeldahl Principle and Crude Protein Calculation. ISO 8968-1:2014 (IDF 20-1:2014). International Organization for Standardization.

Kamber U. (2008). The Manufacture and some Quality Characteristics of Kurut, a Dried Dairy Product. *International Journal of Dairy Technology*, 61 (2): 146-150.

Karabulut I., Hayaloğlu A. A. and Yıldırım H. (2007). Thin-layer Drying Characteristics of Kurut, a Turkish Dried Dairy By-Product. *International Journal of Food Science and Technology*, 42 (9), 1080-1086.

Kırdar S.S. (2012). A Survey on Chemical, Biochemical and Microbiological Characteristics of a Traditional Dairy Product in Mediterranean Region: Keş. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11(3), 330-334.

Koçak C., Aydınoglu G. ve Uslu K. (1997). Ankara Piyasasında Satılan Dil Peynirlerinin Proteoliz Düzeyi Üzerinde Bir Araştırma. *Gıda dergisi*, 22 (4): 251-255.

Kuchroo C. N., Fox P.F. (1982). Soluble Nitrogen in Cheddar Cheese: Comparison of Extraction Procedures. *Milchwissenschaft*, 37, 331-335.

Kurt A. (1970). The history of yogurt and its spread to the face of the world. Atatürk University. *Journal of Agricultural Faculty*, 1, 72-75p.

Kurt A. (1984). Süt ve Mamulleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi. A. Ü. Yayınları: 252/d, A. Ü. Basımevi, Erzurum, 171 s.

Metin M., Öztürk G.F. (2002). Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri (Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Analizler). Ege Meslek Yüksekokulu Basımevi, Bornova, İzmir, 405s.

Metin M. (2009). Sütün Yapısı ve Özellikleri. 2. baskı. Ege Üniversitesi Yayınları. Bornova- İzmir, No: 28, 214s.

Özdamar K. (2011). Statistical Data Analysis With Packet Programs. Kaan Bookstore in Eskişehir, Turkey, 535p.

Patır B., Ateş G. (2002). “Kurut”un Mikrobiyolojik ve Kimyasal Bazı Nitelikleri Üzerine Araştırmalar. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 26 (4), 785-792.

Soltani M. (2009). İran’da Üretilen Kurut ve Bazı Kurut Ürünlerinin Kalite Özellikleri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Master Tezi, Adana, 113s.

Soltani M., Güzeler N. (2009). Some Quality Properties of Kuruts that Produced in Iran. *Journal of Cukurova University. Institute of Basic and Applied Sciences*, 20-1, 168-176.

Tarakçı Z., Küçüköner E. and Yurt B. (2001). A Study on Some Properties of Keş Produced in Ordu and its Surround. *GIDA–Journal of Food*, 26 (4), 295-300.

Tarakçı Z., Dervişoğlu M., Temiz H., Aydemir, O. and Yazıcı, F. (2010). Review on Kes Cheese. *GIDA–Journal of Food*, 35 (4), 283-288.

TGK. (2009). Fermente Süt Ürünleri Tebliği, Türk Gıda Kodeksi, Tebliğ No: 2009/25. Tebliğ No: 27143, Ankara

Yöney Z. (1959). Fermente Olmuş Süt ve Mamülleri teknolojisi, A.Ü.Z.F. Yayınları, Yayın No: 159, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 46p.

Zhang H, Xu J., Wang, Junguo W., Menghebilige, Sun T., Li H. and Guo M. (2008). A Survey on Chemical and Microbiological Composition of Kurut, Naturally Fermented Yak Milk from Qinghai in China. *Journal of Food Control*, 19, 578-586.

Wallace J.M., Fox P.F. (1998). Rapid Spectrophotometric Fluorimetric Methods for Monitoring Nitrogenous (Proteinaceous) Compounds in Cheese and Cheese Fractions: A Review. *Food Chemistry*, 62 (2), 217-224.

INVESTIGATION OF WING CONNECTIONS OF VTOL UAV

Oguzhan SAHIN*, Emre YAZAR**, Emre ACAR***,
Metin UZUN****

Abstract: This study was carried out to optimize the connection of the wing for an unmanned aerial vehicle capable of vertical landing and departure can make aerodynamically more efficient flight. The aerodynamic efficiency must be the best for aircraft can efficiently fly and use the airflow in the best possible way. From this point of view, we tried to increase the aerodynamic efficiency of our unmanned aerial vehicle by trying different combinations of sweep angle, dihedral angle, taper ratio and twisting angles.

In this study, an unmanned aerial vehicle capable of landing and departing vertically (VTOL) was designed. The aircraft has 1 kg load carrying capacity, 4 motors and a maximum weight of 4,5 kg. The aircraft's body length is 1,45 m, the wing span is 1,3 m and the used wing profile is SD7034.

Because the wing is a very important task in air vehicles, it has to be designed and used in the most reasonable way. Factors that change the aerodynamic efficiency, such as connection angles, high transport vehicles or the use of moving wings, have been examined in this study in terms of both positive and negative aspects. Inspection of the connection points was numerically investigated in five different attack angles in the Ansys Fluent program.

At the end of the study, the angle of the arrow between 0-8 degrees was examined and it was seen that the best aerodynamic value was 0 degrees. Dihedral angle was also examined between 0 and 8 degrees and optimum value at 0 degree was obtained. The torsion is twisted at 10°-15°-20° and the 10 degree torsion gives the best value. Finally the torsion ratio change is applied. At the tapering rate, the blade area is fixed and the root is increased and the tip is reduced. In this case, the best aerodynamic value gave the design of the wing obtained from 1.5 root and 0.5 end vet according to the first case.

* Erciyes University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Kayseri, Turkey, 38039. oguzhansahin@erciyes.edu.tr

** Erciyes University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Kayseri, Turkey, 38039

*** Corresponding author: Erciyes University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Kayseri, Turkey, 38039. emreacar@erciyes.edu.tr

**** Presenter author: Erciyes University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Kayseri, Turkey, 38039. metinuzun@erciyes.edu.tr

Introduction

Optimization studies for aircraft body, tail and tail structures have been carried out to investigate the best fit structures and components [1]. Optimization studies can sometimes be about component material and sometimes shape design. Optimization studies improve fuel consumption by improving aerodynamic performance ([2], [3], [4], [5]). Several studies have been done to optimize aerodynamic shape for better flight performance (eg [6]). Several nose cones have been applied in to reduce drag such as elliptical nose, conical nose, bi-conical nose, globally blunted tangent nose. Proposed a potential adjoint technique for aerodynamic optimization. In this way, drag reduction studies using optimization techniques for transonic flows have gained importance for the literature. [7,8], comparing the different aspects of wing scanning in reducing friction and noise [7,8].

The air vehicles we have used for years have become even more important nowadays. Instead of planes flying under 10,000 feet with piston engines, vehicles were produced that were able to fly at speeds as high as 40,000 feet and above. Passenger and cargo planes are now bigger, more powerful, lighter and faster. Their usage areas are growing day by day. Along with developing technology and material knowledge, it has expanded and changed in the fields of use of aircraft and air vehicles. Unmanned aerial vehicles are now located next to fighter planes, passenger and cargo planes. Smaller, quieter, more performant unmanned aerial vehicles are now everywhere. UAV's with a good camera system is a good spotter. They can use weapons without risking human life. They may be able to transport material to risky areas. Thanks to the added systems and designs, they can stay in the air for days. There is no limit to what they can do. Risks from being unmanned are only economical. This allows for rapid development.

Wing Design Parameters

Wings can be considered the most important component in airplanes. In most designs, other components are shaped according to the wings, such as the engine, landing gear. The main task of the wings is to produce lift force. Of course, there is drifting force and nose down momentum. Of course, there is drifting force and nose down momentum. In the wing design, it is tried to maximize the carrying force and to bring the drag and pitching moment to the lowest level. In addition, robustness, controllability, manufacturability, financial costs and flight safety are important factors. When designing the wing, the internal stall speed, the highest speed, the take off speed and the range, endurance factors are also considered.

In wing design, it is first determined what the wing will do and how much load it will carry. According to this, necessary mathematical calculations are made and the desired wing area is found. After this step, the necessary parameters can be determined according to the figure below. As you can see in the figure, it is a sequence of operations that are repeated each other with selections and calculations. Many methods have been developed for these calculations. Very complex processes such as Navier-Stokes equilibrium and various computer programs have developed over the years. But with the modeling that is still valid and gives the most realistic results, recent tests are being done in the wind tunnel [9].

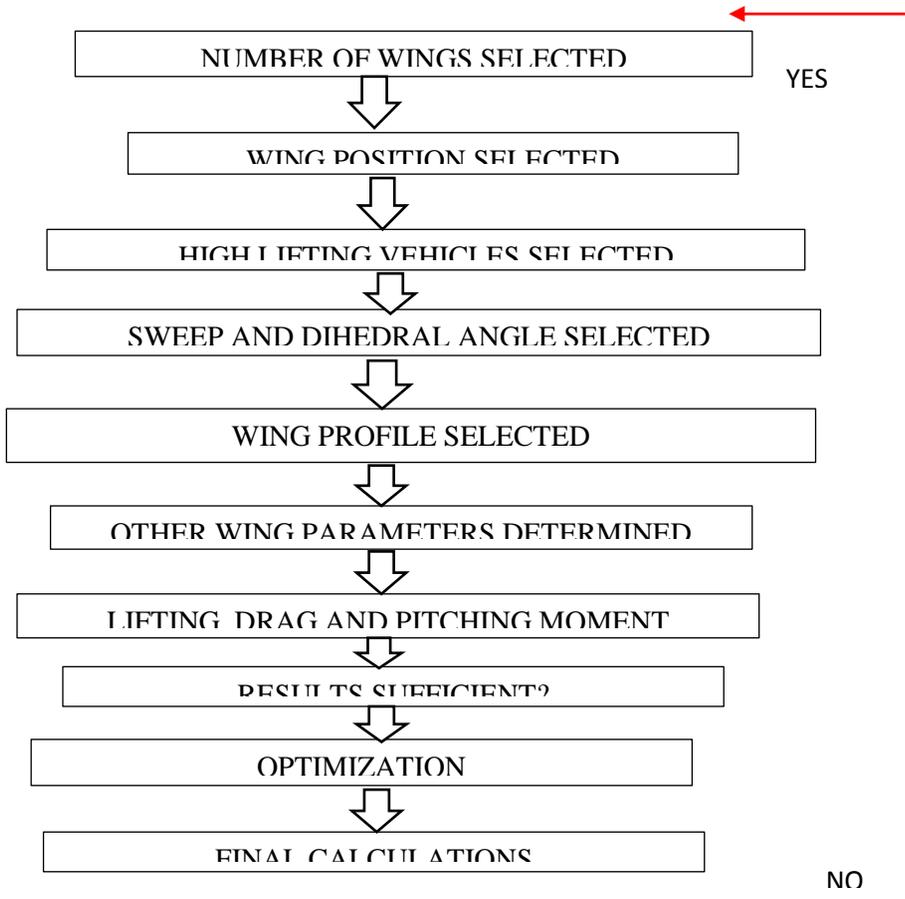


Figure 1. Wing design method

Number of Wings

It can be single wing, double wing or three wings. Technically three wings above are possible. But it is not used in practice. Today, more single-winged models are preferred. Available in double wing designs. But the three-blade design is no longer available. In the past, material technology did not allow for double and triple-wing designs were being made. Today, a single and solid wing can be produced with ease. Double-wing aircraft are preferred in places where high swing ability such as acrobatics is required and wing width will cause trouble [9].

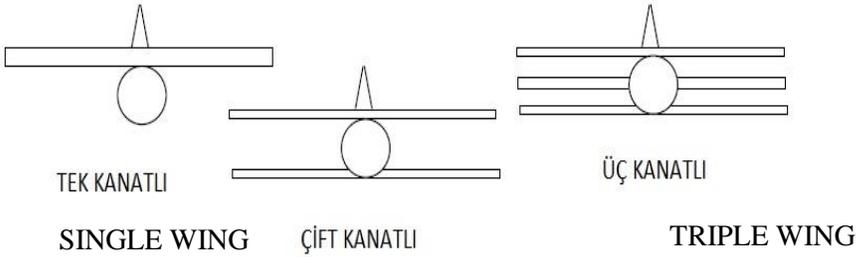


Figure 2. Number of wings [9]

Vertical position of the wing

It can be upper, lower, middle or parasol (umbrella type). The advantages of the upper wings are more comfortable to put on the cargo aircraft. If propeller engines are used, it will be safer because there will be more overhead. The engine is less influenced by the gas from the motor on the leading airplane. Due to the wings are up, the transport made is the pulling force where the wings are attached to the body. Because the bottom wing is from top to bottom, there is a pressing force on them. The top wing is better at landing to water. The wings do not touch the water and get less wet. Dihedral strengthens the effect. The lateral axis makes it more stable. Since the upper part of the wing is joined, better lift force is obtained. For this reason the speed of the plow is lower. The pilot has better visibility. If the engine is fitted with wings, they are less affected from dust, soil etc. On the ground, people are less likely to suffer engine damage. The lower part of the body can be designed more smoothly. There is more free space in the body.

The disadvantages are less ground effect compared to the lower wing. The disadvantages are less ground effect compared to the lower winged. For this reason, the landing and take-off speeds are higher. If connected to the wing, landing gear longer, bigger, it becomes more severe. If the

landing gear is connected to the body and there is not enough space, the use area of the body is narrowed. The induced drift is higher because the lift coefficient is higher. In upper winged aircraft, the horizontal tail area is %20 larger. Structurally, it is 20% heavier than the lower winged aircraft. If the landing gear is attached to the wing it is not a good option because of larger sizes. The side-axis control of the aircraft is more difficult because the stability on the side of the upper wing is better.

The advantages of the lower winged are better starting performance due to the ground effect. Because with the lower winged aircraft, the pilot will see the top of the plane better. Landing gears are more likely to be connected to the wings. If the landing gear is connected to the wings, it will be shorter and lighter. The lower winged plane is heavier than the upper winged ones. The wings produce less induced drag. Side axis control is much easier. Smaller tail is required than upper winged aircraft.

The disadvantages of bottom wings; they produce lower lift force than upper wing so that, lower wing aircraft has higher stall speed than upper wing aircraft. They must be faster than lower wing aircrafts for takeoff. For this reason they need longer runway. Their flight safety is lower than upper winged airplane. They have better maneuverability. It's hard to see the bottom of the plane because the wing is at the bottom. The winged aircraft from the center are in middle according to the advantages and disadvantages of the upper winged and lower winged aircraft.

Parasol wings have the advantages and disadvantages of upper wings. The values are higher. The selection of the position of the wing is dependent on the area of use and requirements. Advantages and disadvantages are optionally assessed. The choice is made accordingly.

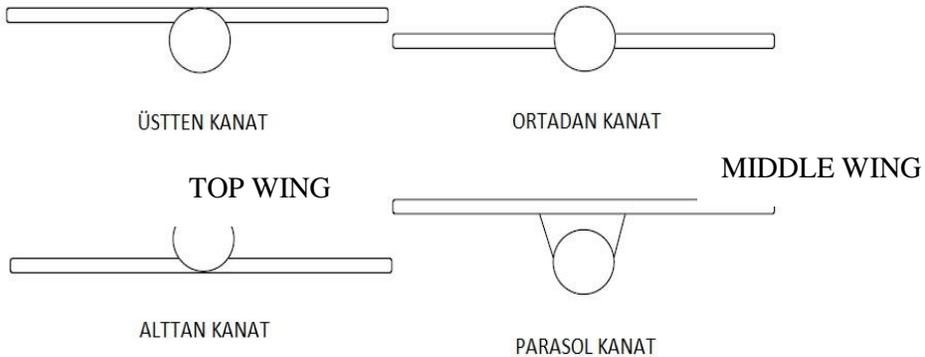


Figure 3. Wing vertical position **PARASOL WING**

SUB WING

Taper Ratio

The ratio of the length of the profile chord at the wing tip to the length of the profile chord at the wing root. The tapering ratio allows to distribute the lift force in the wing as if it were different at the root and at the end. They increase expenses in wing construction. Instead of a flat shape, two spars are required because it will be a constricting structure. It will be more complicated than a rectangular shaped wing and will be heavier because it needs double sprars. The center of gravity will be closer to the body as the wing will have a constricted structure due to its tapering ratio. This is structurally advantageous. The tip will be lighter and the wing torque will be lower. A rectangular wing tip will not be effective compared to a tapering wing because the tip vortices reduce the carry over at the tip [9].

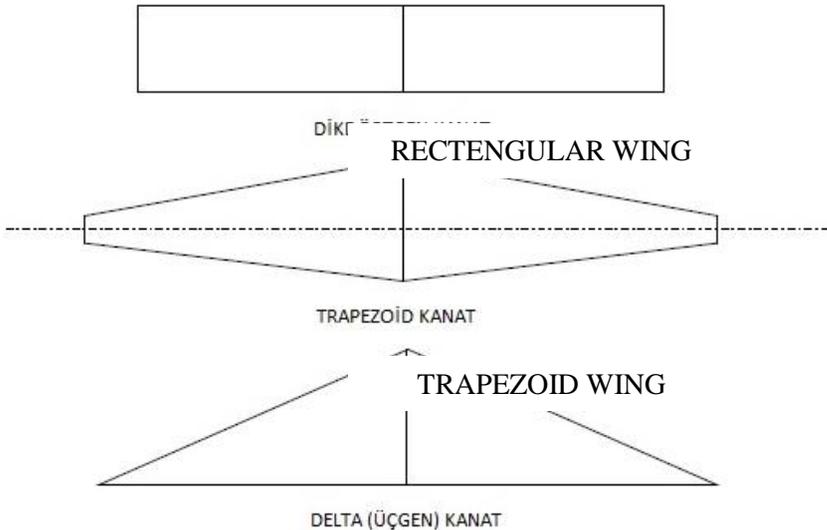


Figure 4. The tapering ratio [9]

DELTA WING

Sweep Angle

At the attack edge, the angle between the right to the wing's root to the longitudinal axis and the right to the perpendicular to the body is called the angle of sweep. If this angle is made based on the wings of the trailing edges, it is called trailing edge sweep angle, if this angle is calculated according to $\frac{1}{4}$ of the chord line, it is called a quarter chord sweep angle and if and this angle is calculated according to $\frac{1}{2}$ chord line, it is called 50% chord sweep angle. If angle is higher than 0° , it is called

backward sweep or sweep angle. If the angle is less than 0° , it is called the forward sweep. In the use of sweep angle, the angle of attack and / or quarter sweep angle are usually the most important. Sweep angle improves wing aerodynamics during transonic, supersonic, and hypersonic flights. It delays compressibility effects. It helps to adjust the center of gravity of the aircraft. The sweep angle increases the stability of the lateral axis. The flap length is increased by the sweep angle. Sweep angle increases the critical mach speed. The sweep angle changes the pressure distribution in the wing. So more burden to the tip, less load to the root part. The rotational moment generated in the wing is reduced at the end portions. Sweep angle wings are more prone to tip stall, forward sweep angle wings are more prone to root stall.

Twist Angle

If the wing tip has a lower attack angle than the wing root, this is called negative twist, otherwise it is called positive twist. Negative twist is usually applied to the wings. Nowadays in modern airplanes, the tip is usually produced with a thinner profile and a different zero carrying angle. This is called aerodynamic twist. The twist helps prevent the tip stall before the root stall. It is ensured that the lift distribution is distributed in an elliptical manner. When these are done, there is a decrease in total lift force. When the wing firstly enters stall from the root pilots can make maneuvers to avoid stall by using ailerons. Applying too much buckling to the wings can cause adverse effects. If this angle is too low, it may have the opposite effect on the tip.

Dihedral Angle

When you look at the plane from the front or back, it is called dihedral so that the wing tip is above the wing root. It is called negative dihedral or anhedral when the wing tip is below the wing root. The main purpose of the use of dihedral is to make the axis more stable by the side of the wing. Dihedral wings are leaning to fix it when the plane lies on the side axis. The opposite is the case of a negative dihedral. The negative dihedral uses lateral accelerators, which are more stable than necessary. Top winged cargo planes are more stable than side wingers because the wing is on the top. If there is a sweep angle on the wing, it will be even more stable. Negative dihedral is used to reduce this stability. In the case of bottom winged aircraft, the dihedral is used because the stability of the lateral axis is low. The dihedral is also used for high altitudes so that the engines, propellers and other attached parts are on the bottom winged aircraft. Effective wing area will decrease when dihedral is applied. For this reason, the smallest possible dihedral angle should be selected[9].

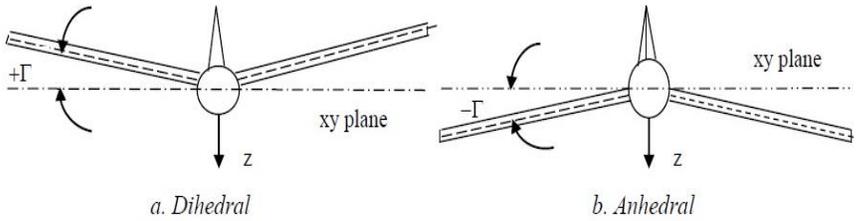


Figure 5. Dihedral angle [3]

Test Characteristics and Parameters Designed VTOL Air Vehicle

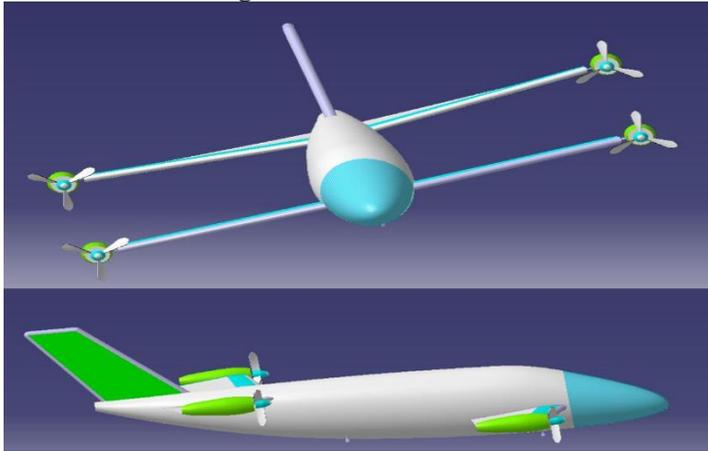


Figure 6. Top and side view of the VTOL unmanned aerial vehicle

VTOL aerial vehicles are called air vehicles that can land and take off vertically. In this study, the wing structure of a VTOL air vehicle with 4 motors planned to carry useful loads of up to 1 kg was investigated aerodynamically. The technical characteristics of the aircraft examined are indicated below.

Table 1. Features of the VTOL Unmanned Aerial Vehicle

| | | | |
|----------------|------------------------|------------------|---------------------|
| Lenght | 1,45 m | Useful load | 1 kg |
| Maximum weight | 4-5 kg | Speed | 16,6 m/s |
| Wing span | 1,30 m | Number of engine | 4 * Electric Motors |
| Wing area | 0,8 m ² | Wing profile | SD7034 |
| Wing load | 8,53 kg/m ² | Aspect ratio | 8 |

An analogue of the aircraft considered within the scope of this study is commercially produced and sold in Canada under the name V-HAWK

X4. In this study, it was planned to produce an aircraft with a larger, if necessary longer dwell time potential and larger carrying capacity than V-HAWK.

Numerical Method

Flight performance of the aircraft was examined in the Ansys Fluent program by applying aerodynamic nose and tail cone optimization. The aircraft has a wingspan of 0,8m and a chord of 0,25m length. All simulations were carried out at a velocity of 16.6 m/s, a density of 1,036 kg/m³ and a kinematic viscosity of $1,5111 \times 10^{-5}$ m²/s. The angle of attack of the aircraft varied from 0 degrees to 20 degrees. The turbulent flow was studied and a standard k-ε turbulence model was chosen. First order upwind discretization scheme is used for all solution variabilities. Yakınsama kriter değeri 10^{-6} olarak hedeflenmiştir.

Border Conditions

It is defined as the area of flow that is 15 times the wing span, 20 times the wing span to the top and bottom of the leading edge of the wing and backwards from the pressure outlet area. The speed value is defined as 16,6 m/s. Non-slip boundary conditions were applied on solid surfaces. Mesh properties are given in table.

Table 2. Mesh Properties

| | |
|----------------------|-----------------------------|
| Minimum Element Size | 0,001 m |
| Number of Elements | 2,4 Millions |
| Maximum Size | 9,73 m |
| Maximum Surface Size | 4,86 m |
| Growth Rate | 1,20 |
| Connection Angle | 18 degrees |
| Mesh Method | Patch Conforming / Sweeping |

Grip Independence Study

Ansys Mesh program uses a patch conformation / sweeping method to give a sample image of the mesh structures of the nose and tail parts. The optimal number of mesh elements is defined to eliminate mesh effect. The increase in the number of elements gives better results and increases the solution process. For this reason, the mesh work was done on 100k, 150k, 250k, 350k, 500k, 750k, 1000k, 1500k, 2150k, 3000k and 5000k element numbers. Figure 7 shows the change of the element number with the lift coefficient at 0 degrees attack angle. After 2400k element count,

the value of the lift coefficient did not change much. Therefore, it is thought that the number of 2150k elements is enough for this study.

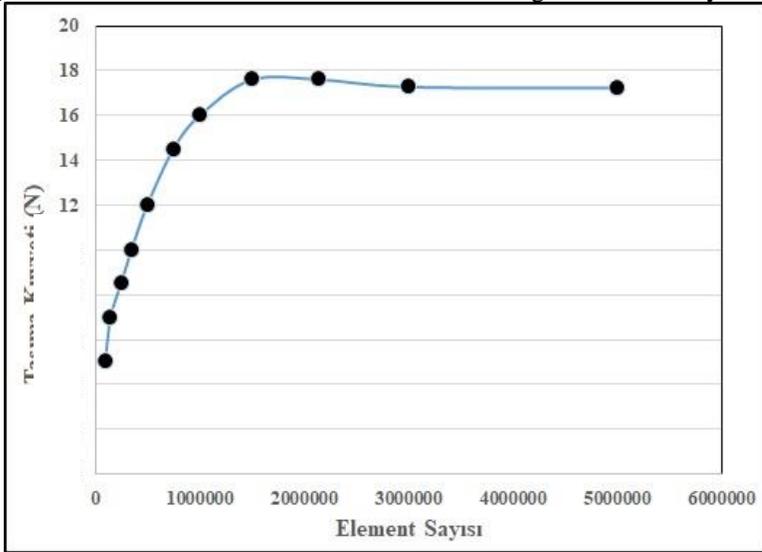


Figure 7. Effect of the number of elements on the lift force

Number of Elements

Lift Force (N)

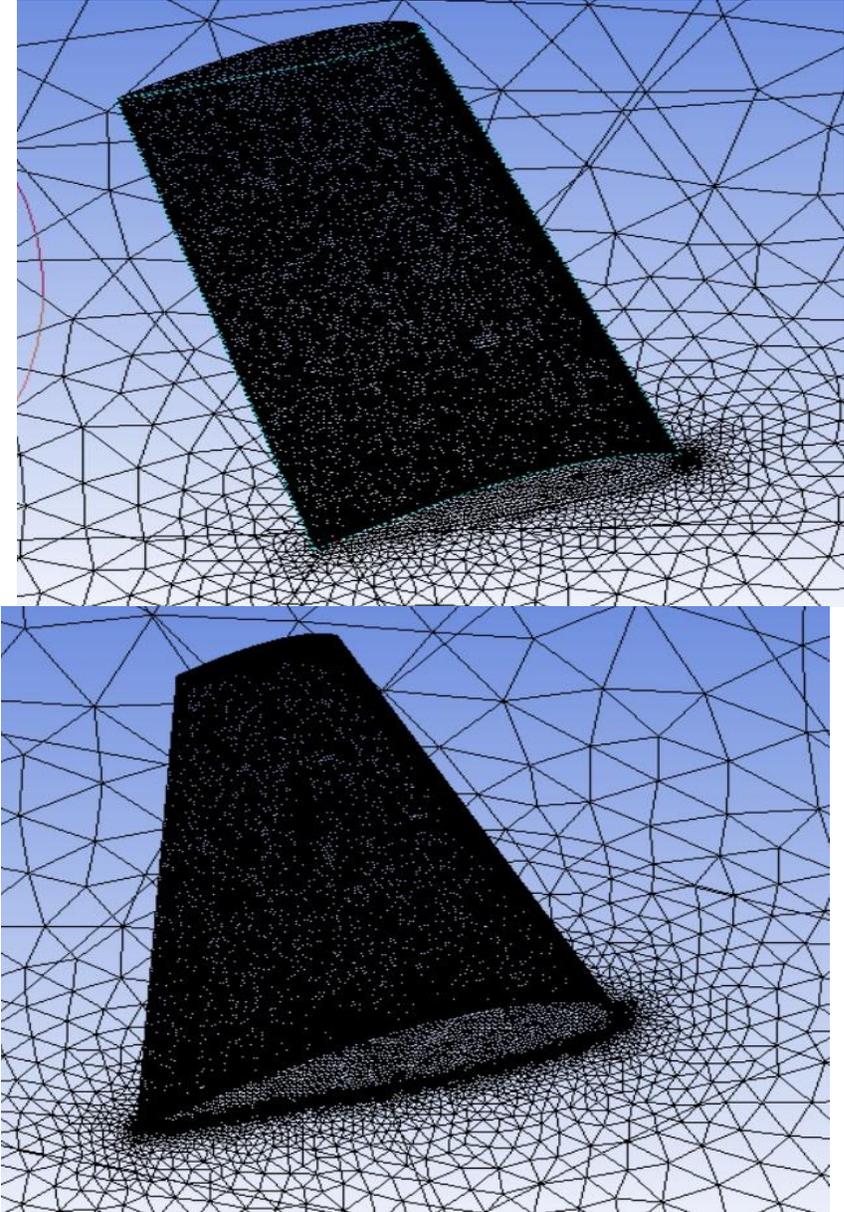


Figure 8. Wing Mesh Views

Numerical Studies

In this study, numerical studies have been done to increase the performance of an unmanned aerial vehicle. In these studies, a performance study was carried out without changing the wing area of the

unmanned aerial vehicle. The examined parameters are sweep angle, dihedral angle taper ratio and twist angles.

The wing sweep angle improves performance by delaying the increase in aerodynamic drift caused by the shock waves and the fluid compressibility close to the sound velocity associated therewith. For this reason, sweep angle wings are often used in jet aircraft designed to fly at these speeds. Sweep angle wings can sometimes be used for other reasons such as structural ease or visibility.

Figure 9 shows the comparison of handed aerodynamic performance values as a result of the sweep angle change. When the figure is examined, it is seen that the aerodynamic performance decreases as a result of the increase of the angle of the sweep in the design of the seep angle which is 0-8. It is seen that the wing which does not have an sweep angle is handled as 8,67 when the value of performance is 8,8, whereas it is handled as 8,67 when the angle of 8 degrees is applied. The consequence of these results is that increasing the angle of the sweep affects the aerodynamic performance negatively.

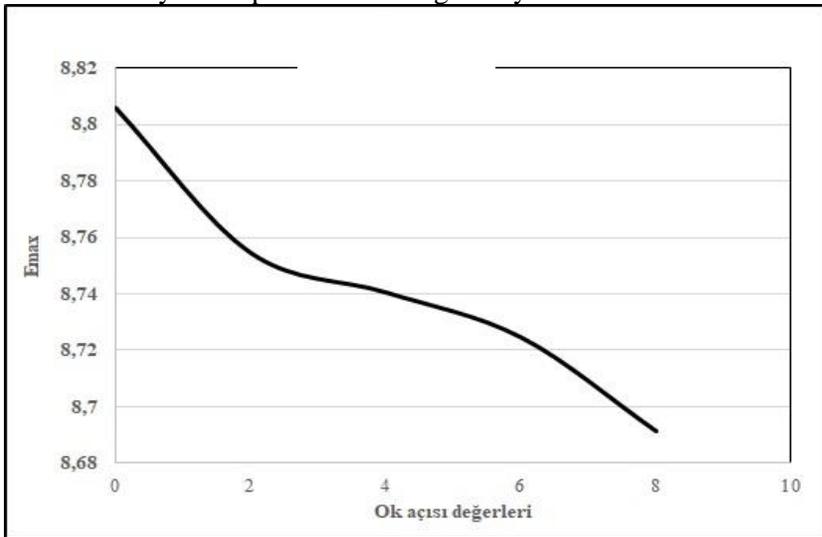


Figure 9. Sweep angle , E_{max} comparison

Sweep Angle

The dihedral angle or the anhedral angle has a strong influence on the dihedral effect. The dihedral effect is the amount of rotation in the longitudinal axis produced by the side slip grade or radian. The dihedral effect is a critical factor in the stability of the aircraft around its axis of rotation. It also relates to the maneuverability of a plane's Dutch Roll and the maneuverability around its longitudinal axis.

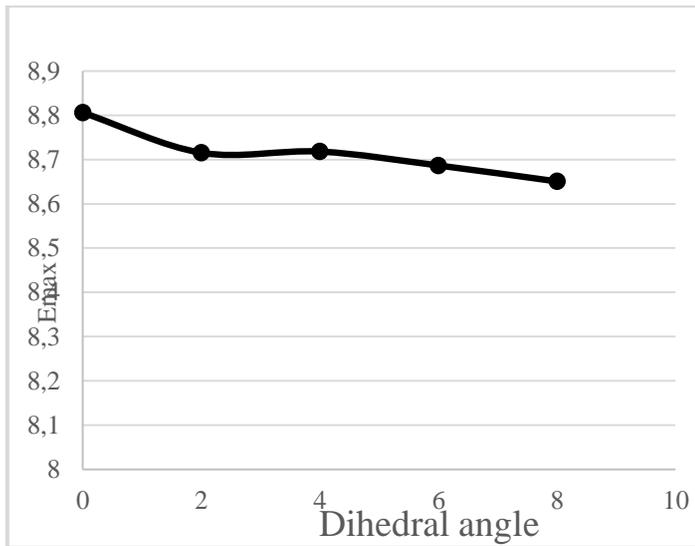


Figure 10. Comparison between dihedral angle and Emax

Figure 10 shows aerodynamic performance comparisons of dihedral angle variation. When the graph is examined, it is seen that increasing the dihedral angle to about 4 degrees affects the aerodynamic performance positively. The best aerodynamic performance was observed at 0 degree dihedral angle when the graph was examined.

The wing twist distribution is perhaps the least controversial design parameter to choose. The twist should be selected so that the ride friction is not excessive. The extra uphill wing twist helps to characterize the stall and improves the induced drag in load distributions at high bearing forces due to the high weights at the tips. The twist also changes the structural weight by changing the moment distribution on the wing. In the leaning wings, the twist also produces a positive impulse moment that has a small effect on the corrected drag. Thus, the choice of the wing twist is carried out by examining the trend between course drift, drift in the second section climb and structural weight of the wing. The selected upward twist is then raised slightly to correct the stall characteristic.

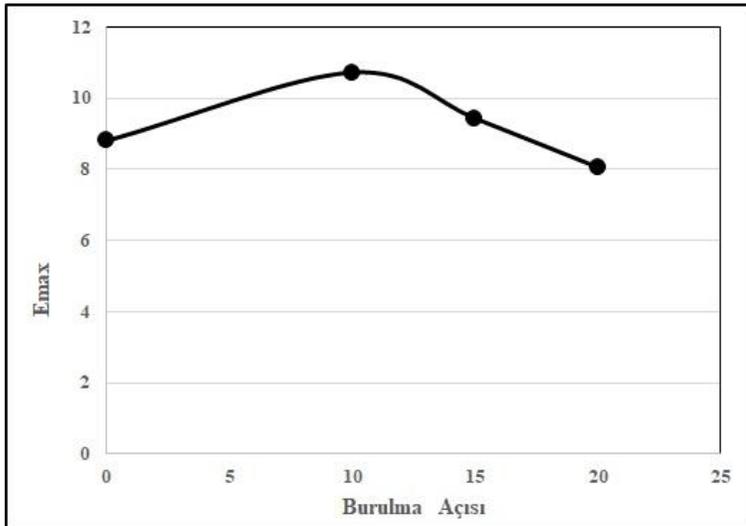


Figure 11. Comparison between Twist angle and Emax

Twist Angle

The twist angle was chosen to be 0-5-10-15-20 degrees for our study, and Figure 11 provides a comparison of aerodynamic performance. Twist angle is very important for aerodynamic efficiency in air vehicles. In a certain aspect, the twisted wings increase the carrying capacity while delaying the flow separation. As shown in Figure 11, the aerodynamic efficiency for the twisted wing up to 10 degrees is considerably increased. After this point, aerodynamic efficiency decreases as more twist of the wing initiates flow separation by creating offensive and trailing edge differences. Most wings used in aircraft are not rectangular. For this reason they have different chord lengths throughout the width of the wings. In order to suit different purposes and uses, it may be necessary to create a characteristic shape that can be compared between the various wing shapes. The taper ratio can be at different ratios only from the wing root or several different places. In this study, only the steeping ratios starting from the wing root were studied.

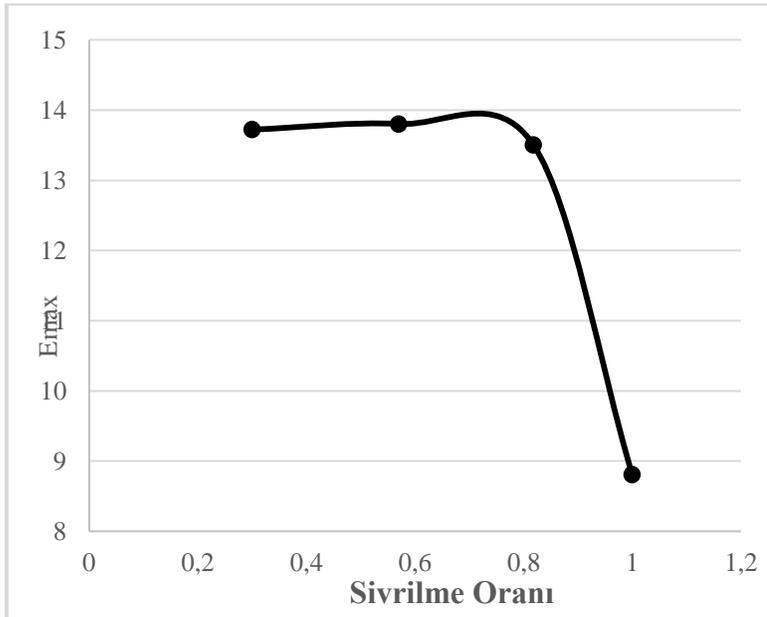


Figure 12. Comparison between taper ratio and Emax

Taper Ratio

Figure 12 compares the aerodynamic efficiency of the taper ratio. It is seen that aerodynamic efficiency increases up to a certain value with taper ratio when the obtained angle values are examined. Obtained angle by increasing wing root and decreasing wing tip chord. When the values of the drag force were examined, this taper rate was reduced by about 30% compared to the initial value.

Conclusions

In this study, numerical studies have been done to improve the performance of an unmanned aerial vehicle. In these studies, the unmanned aerial vehicle was connected to different angles and shapes without changing the wing area. The parameters examined are the sweep angles, the dihedral angles, the tapering ratios and the twist angles.

The angle of the sweep was applied at 0-2-4-6-8 degrees and the angle of attack of the aircraft was examined between 0-5-10-15-20 degrees and it was seen that the zero degree sweep angle has the best aerodynamic performance as well as the first design. The dihedral angle was also applied at 0-2-4-8 positive dihedral values and the 4-degree dihedral angle gave the highest value at 9.22 Emax and improved about 4.5%

aerodynamic performance. The twist angle was applied to the wing tip at 10-15-20 degrees and 10 degree twist angle according to the first case showed a 20% increase with 10.71 Emax value. Finally, the wing tip was tapered from the wing root and the highest Emax value was obtained as 1.2 in the wing formed by combining 1.5 times of the wing root chord and 0.5 times of the wing chord. Thus, aerodynamic performance has increased by about 27% compared to the first case.

In this study, only the wing which used by the VTOL unmanned aerial vehicle was examined. aerodynamic performance increased by up to 27%. It has been shown how effective the use of the wing link angles is to aerodynamic performance.

REFERENCE

- [1] Austin R. (2010). Unmanned aircraft systems. Wiley.
- [2] Ding Y, Liu YC and Hsiao FB. (2013). The application of extended Kalman filtering to autonomous formation flight of small UAV system. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 1(2): 154-186.
- [3] Drak A. vd. (2014) Autonomous Formation Flight Algorithm and Platform for Quadrotor UAVs. *International Journal of Robotics and Mechatronics*, 1(4): 124-132.
- [4] Luca De F, Giorgio G and Fulvia BQ. (2014). A novel approach for trajectory tracking of UAVs. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal*, 86(3): 198 – 206.
- [5] Hadi G. vd. (2014). Autonomous UAV System Development for Payload Dropping Mission. *Journal of Instrumentation, Automation and Systems*, 1(2): 72-77.
- [6] Panagiotou, P. vd. (2014). *Aerospace Science and Technology*, 39. 190-205
- [7] Abbas, A. vd. (2013). Aerodynamic technologies to improve aircraft performance. *Aerospace Science and Technology*, 28. 100-132
- [8] Kontogiannis, Spyridon G. vd. (2013). Design, performance evaluation and optimization of a UAV. *Aerospace Science and Technology*, 29. 3339-350
- [9] Mohammad H. (2012). *Sadraey Aircraft Design: A Systems Engineering Approach Chapter 5 Wing design*

ELEKTROPNÖMATİK AĞIZLIK AÇMA MEKANİZMASINDA POTANSİYOMETRE DEVRESİ İLE SİLİNDİR PİSTON HAREKETİNİN TESPİT EDİLMESİ

Zehra Kaynar Taşcı^{1*}, Deniz Mutlu ALA², Nihat ÇELİK¹

¹Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana,
Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, AOSB Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,
Adana, Türkiye

Öz: Bu çalışmada, Ç.Ü. yürütücülüğünde gerçekleştirilmiş 01365.STZ.2012-1 kod numaralı “Bilgisayar Kontrollü Ağızlık Açma ve Desenlendirme Yapabilen bir Yarı-Otomatik Numune Kumaş Dokuma Tezgâhı Tasarımı, Geliştirilmesi ve Prototip İmalatı” başlıklı SANTEZ projesi ile üretilen numune tezgahta çerçeve hareketlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Dokuma makinalarının verimli bir şekilde çalıştırılabilmesi, çözümlü kopuşlarının azaltılması ve teknolojik sınırlarının belirlenebilmesi büyük oranda çerçeve hareketlerine bağlı olmaktadır. Bu nedenle mekanizmanın hareketi esnasında çerçeve konumlarının, hızlarının ve ivmelenme özelliklerinin belirlenmesi oldukça büyük önem taşımaktadır. Numune tezgahta; çözümlü salma, atkı atma, tefeleme ve kumaş sarma işlemleri manuel olarak gerçekleştirilmektedir. 24 çerçeve kapasiteli olarak tasarlanmış olan elektropnömatik ağızlık açma sisteminde, çerçevelere hareket vermek için çift etkili pnömatik silindirler kullanılmaktadır. Silindirler elektro-pnömatik valfler ile kontrol edilmektedir. Çalışma kapsamında, elektro-pnömatik ağızlık açma sisteminde çerçevelerin hareketini sağlayan silindir piston miline bağlanan bir doğrusal potansiyometre ile pistonların kalkışı ve iniş esnasındaki konum bilgileri elde edilmiştir. Ölçüm sırasında, ağızlığın açılması için tetikleyici görevi yapan ayak butonuna basıldığında çerçeveyi hareket ettirecek olan silindir pistonu, dolayısıyla piston miline bağlı olan potansiyometre harekete geçmektedir. Hareket esnasında, potansiyometreden gelen voltaj verisi bilgisayar destekli bir ara yüz kullanılarak dijitalize edilmektedir. Arayüz programı sayesinde zamana bağlı olarak konum bilgileri elde edilmektedir. Konum verilerinden faydalanılarak piston hareketi süresince pistonun zamana bağlı konum, hız ve ivme değerleri grafiksel olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dokuma, Ağızlık Açma, Çerçeve Hareketi, Potansiyometre

1. GİRİŞ

Dokuma kumaşlar, iki farklı iplik sisteminin (çözümlü ve atkı) birbiri ile dik açı oluşturacak şekilde bağlantılar yapmasıyla oluşur. Dokuma işleminin gerçekleştirilmesi için 3 temel ve 2 yardımcı hareket birbiriyle zamanlamalı olarak gerçekleştirilir. Dokuma işlemi için gerekli olan 3 temel hareket, ağızlığın açılması, atkının atılması ve tefenin vurulması, 2 yardımcı hareket ise çözümlü salma ve kumaş çekme hareketleridir.

Dokuma tezgahında, atkının atılmasından önce, çözümlü ipliklerini iki tabakaya ayrılarak oluşturduğu üçgen kesitli tünele ağızlık denir. Açılan her ağızlığın içerisinden geçirilen atkı ipliğinin, üstünde veya altında bulunması gereken çözümlü ipliklerini belirlemek için çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Bunları çalıştırmakta kullanılan mekanizmalara ağızlık

açma mekanizmaları denilmektedir. Çerçevesi ve Jakarlı ağızlık açma sistemleri mevcuttur. Endüstriyel dokuma makinelerinde kullanılan çerçevesi mekanizmalar, kamlı ve armürlü ağızlık açma tertibatlarından oluşmaktadır. Kamlı ve armürlü ağızlık açma mekanizmaları incelendiğinde yeni bir ağızlık açılırken ağızlığın kapanma formuna ve çözgü ipliğinin hareketine göre çerçevelerin altta kapanan ağızlık, ortada kapanan ağızlık, yarı açık ağızlık veya açık ağızlık yöntemlerine göre hareket ettiği görülmektedir (1-4).

Bilgisayar kontrollü elektropnömatik ağızlık açma mekanizmalı olarak tasarlanmış ve geliştirilmiş olan Gülas numune dokuma tezgahlarında ise 24 çerçevenin ardışık hareketini gerektiren kumaş desenlerinin dokunabilmesi için elektropnömatik ağızlık açma mekanizması kullanılmaktadır. Her çerçeve için bir adet çift etkili pnömatik silindirin kullanıldığı elektropnömatik ağızlık açma sisteminde, çerçevelerin alt kısmına bağlı olan pnömatik silindirler çerçeveleri yukarı ve aşağı yönde hareket ettirmek için kullanılmaktadır. Ağızlık geometrisi altta kapanan temiz ağızlık formunda tasarlanmıştır (5,6). Söz konusu sistemde çerçeveler kalkış, üst konumda bekleme, iniş ve alt konumda bekleme olmak üzere doğrusal hareket yapmaktadır. Bu hareket sayesinde gücü tellerinden geçirilmiş olan çözgü iplikleri yukarı veya aşağı konuma getirilmektedir.

Dokuma makinalarının verimli bir şekilde çalıştırılabilmesi, çözgü kopuşlarının azaltılması ve teknolojik sınırlarının belirlenebilmesi büyük oranda çerçeve hareketlerine bağlı olmaktadır (7,8). Bu nedenle mekanizmanın hareketi esnasında çerçeve konumlarının, hızlarının ve ivmelenme özelliklerinin belirlenmesi oldukça büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, elektropnömatik ağızlık açma sisteminde bulunan çerçevelerin hareketleri, çerçeve hareketini sağlayan piston miline bağlanmış olan doğrusal potansiyometre sistemi ile tespit edilmiştir. Elde edilen veriler sayesinde ağızlığın değişimi sırasında çerçevelere ait konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafikleri oluşturulmuştur. Çalışma için mali destek, “Elektropnömatik Ağızlık Açma Mekanizmasında Dokuma Sırasında Çerçeve Hareketinin ve Çözgü Geriliminin İncelenmesi (FBA-2016-6166)” başlıklı bireysel araştırma projesi ile sağlanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışma, Ç.Ü. yürütücülüğünde gerçekleştirilmiş 01365.STZ.2012-1 kod numaralı “Bilgisayar Kontrollü Ağızlık Açma ve Desenlendirme Yapabilen bir Yarı-Otomatik Numune Kumaş Dokuma Tezgâhı Tasarımı, Geliştirilmesi ve Prototip İmalatı” başlıklı SANTEZ projesi kapsamında geliştirilmiş olan numune tezgah ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Numune tezgahta; çözgü salma, atkı atma, tefeleme ve kumaş sarma işlemleri manuel olarak gerçekleştirilmektedir. 24 çerçeve kapasiteli olarak tasarlanmış olan ağızlık açma sisteminde, çerçevelere hareket

vermek için çift etkili pnömatik silindirler kullanılmıştır. Elektrik elektronik kontrol sistemi, silindirleri elektro-pnömatik valfler ile kontrol edilmektedir (9). Ayrıca makine fonksiyonlarını yönetebilen ve bireysel desen tasarımına olanak sağlayan; kumaş üretim bilgileri hesaplama modülüne sahip bir desen tasarım programı geliştirilmiştir. Ala ve Çelik (2015) yaptıkları çalışmada, geliştirilen numune tezgahının teknik özellikleri ve kullanımıyla ilgili detaylı bilgilere yer vermişlerdir (10).



Şekil 1. Bilgisayar kontrollü elektro-pnömatik ağızlık açma mekanizmalı numune dokuma tezgâhı (11)

Elektro-pnömatik ağızlık açma sisteminde üstte temiz bir ağızlık açılması amacıyla çerçevelerin dikey hareket mesafeleri önden arkaya kademeli olarak artacak şekilde tanzim edilmiştir. Elektro-pnömatik ağızlık açma sisteminde çerçeve yer değiştirme mesafesi çerçevenin bağlı olduğu silindir milinin strok boyuna, çerçeve hızı ise çerçevenin bağlı olduğu silindir piston hızına eşit olmaktadır.

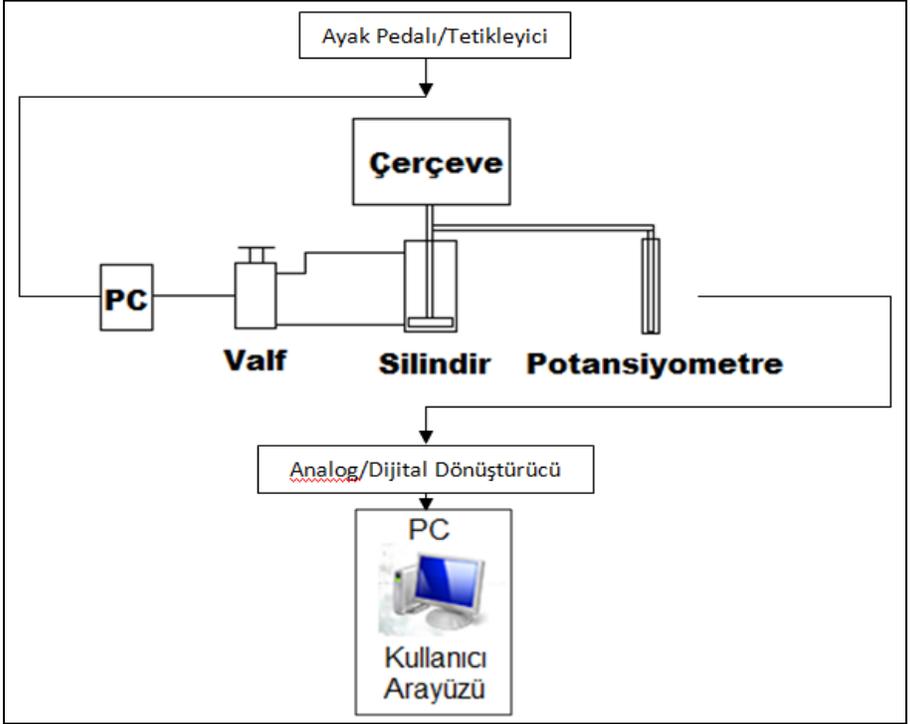
Pnömatik silindir milinin konum kontrolünü yapacak olan devrede algılayıcı olarak ölçüm aralığı 0-150 mm olan ve tekrarlanabilir mekanik çözünürlüğü 0,01 mm'lik lineer bir potansiyometre kullanılmaktadır. Potansiyometre, Şekil 2' de görüldüğü gibi kızaklı bir yapı üzerine monte

edilmiştir. Bu sayede sağa-sola hareket edebilmekte ve her bir silindirin piston miline bağlanabilmektedir.



Şekil 2. Potansiyometre-piston mili bağlantısı

Çerçevenin konum kontrolünü yapan sistemin genel çalışma prensibini gösteren blok şema Şekil 3' te verilmektedir. Ağırılığın açılması için tetikleyici görevi yapan ayak butonuna basıldığında çerçeveyi hareket ettirecek olan silindir pistonu, dolayısıyla piston miline bağlı olan potansiyometre harekete geçmektedir. Ayak butonuna basıldığı andan itibaren çerçeve hareketi süresince, potansiyometreden gelen voltaj verisi bilgisayar destekli bir ara yüz kullanılarak dijitalize edilmektedir. Analog dijital dönüştürücü çözünürlüğü 16 bit olarak seçilmiştir. Dijital çözünürlüğün mekanik çözünürlükten büyük olması 0,01 mm hassasiyetin korunmasını sağlamaktadır. Çalışma kapsamında geliştirilmiş olan arayüz programı sayesinde ölçüm değerleri mikro saniye ve milimetre cinsinden kaydedilmektedir.

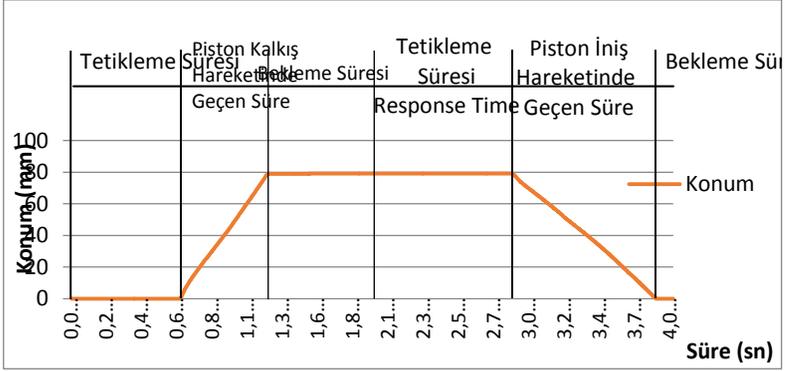


Şekil 3. Hareket kontrol sistemi blok şeması

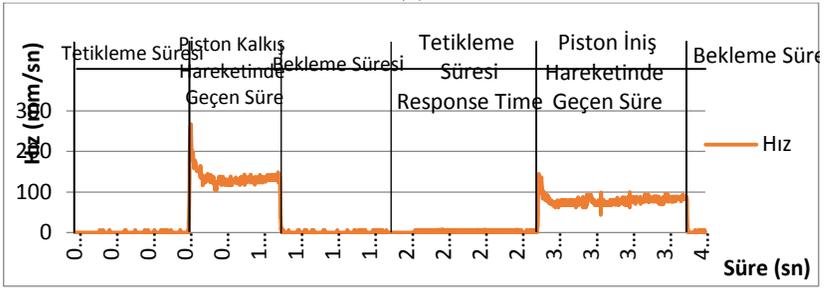
Devrenin çalışma sistemini incelemek amacıyla çerçevelerin hareketini sağlayan 24 adet pistonun kalkış ve iniş hareketleri tekrarlı olarak incelenmiştir. Her ölçüm 2 saniyede tamamlanmakta ve kayıt sıklığı minimum ortalama 630 örnekleme/saniye olarak gerçekleştirilmektedir. 1 ve 24 numaralı çerçevelerin pistonlarından yapılan ölçümlerden elde edilen veriler sayesinde konum tespiti yapılarak hız-zaman ve ivme-zaman grafikleri oluşturulmuştur.

3. BULGULAR

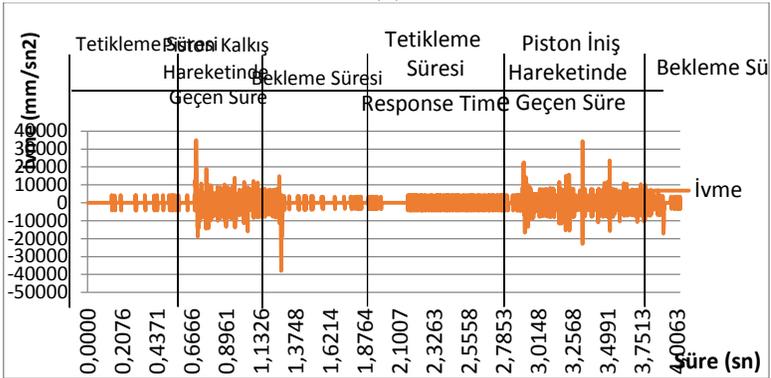
Pnömatik silindir milinin konum kontrolünü yapacak olan devrede konum bilgisi bir doğrusal potansiyometre vasıtasıyla tespit edilmiştir. Hareket sırasında elde edilen zamana bağlı konum verileri kullanılarak hız ve ivme değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4 ve Şekil 5'te, 1 ve 24 numaralı çerçevelerin zamana bağlı olarak konum, hız ve ivme değerleri verilmektedir.



(a)

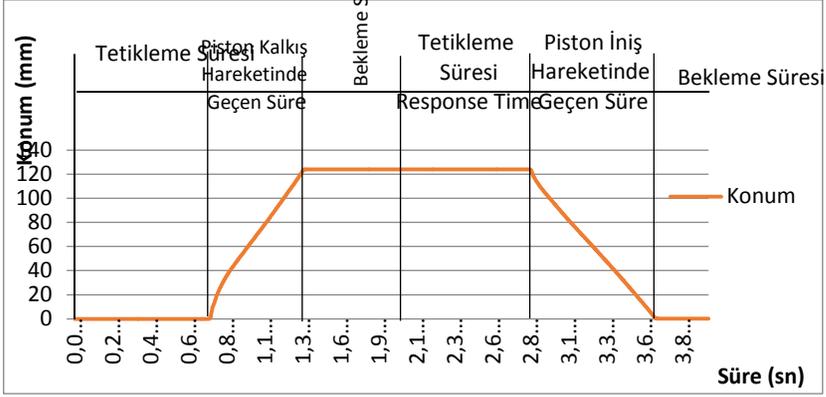


(b)

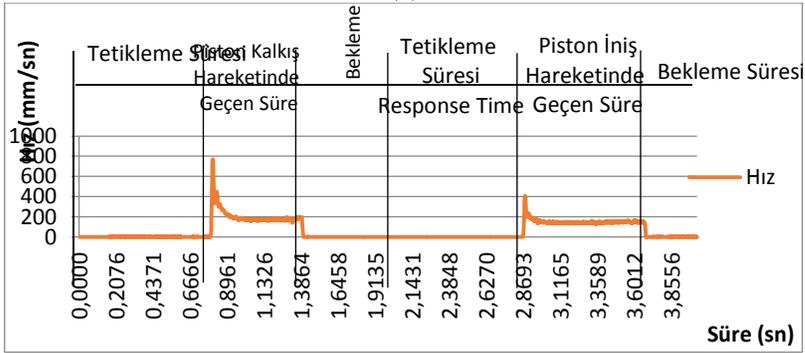


(c)

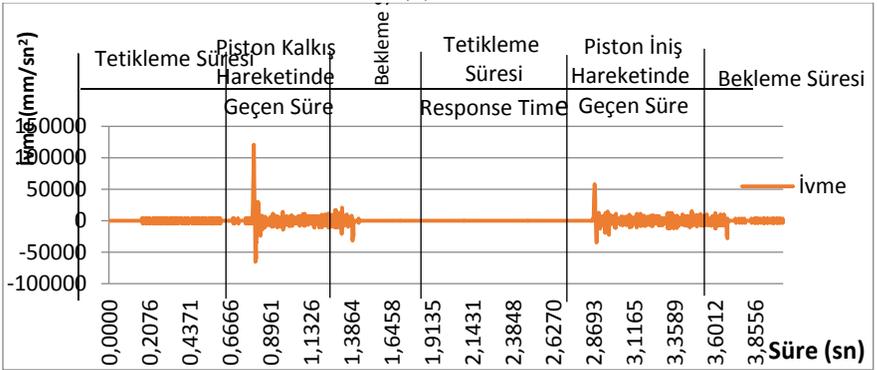
Şekil 4. 1 numaralı çerçeve hareketi; (a) Konum değişimi, (b) Hız değişimi, (c) İvme değişimi



(a)



(b)



(c)

Şekil 5. 24 numaralı çerçeve hareketi; (a) Konum değişimi, (b) Hız değişimi, (c) İvme değişimi

Ağızlığın değişimi esnasında çerçeveler kalkış, üst konumda bekleme, iniş ve alt konumda bekleme olmak üzere doğrusal hareket yapmaktadır. Şekil 4 ve Şekil 5 incelendiğinde, pistonu, dolayısıyla çerçeveye hareket emri veren ayak pedalına basıldıktan sonra çerçeve konumu bir süre

değişmemektedir. Ayak pedalına basılma anından çerçevenin harekete başladığı ana kadar geçen süre elektropnömatik valfin karakteristik değerlerine bağlı olmakla birlikte tetikleme süresi olarak ifade edilmiştir. Tetikleme süresinin ardından çerçeve ilk komutta yukarı doğru harekete başlamaktadır. Çerçevenin yukarı yönlü hareketi sırasında hız önce ani bir artış göstermekte sonra daha stabil hale gelmektedir. Hıza bağlı olarak ivmelenme de ilk anlarda fazla olmakta ve hızla orantılı olarak daha stabil hale gelmektedir. Çerçeve/piston yukarı kalkma hareketini tamamladığında ölçüm periyodunun (2 saniye) bitişine kadar bekleme süresi gerçekleşmektedir. Bu bekleme süresi açılmış olan ağızlıkta atkının atılması için geçen süre olup, operatöre bağlı olarak değişmektedir. Çalışma kapsamında pistonların kalkış hareketinin hemen akabinde iniş hareket emri verilmiş ve pistonun iniş esnasındaki hareketi incelenmiştir. Şekil 4 ve Şekil 5 incelendiğinde çerçevelerin aşağı yönde hareketlerinin daha yumuşak bir şekilde gerçekleştiği görülmektedir. Yani hız ve ivme değerlerindeki ani değişimin yukarı kalkış hareketine göre daha sınırlı olduğu görülmektedir. Çerçevenin aşağı hareketi tamamlandıktan sonra tekrar pedala basılana kadar bekleme süresi devam etmektedir. Ağızlığın açık veya kapalı olduğu, çerçevelerin hareketsiz olarak beklediği ve atkı atma veya desen seçim işleminin yapıldığı bekleme pozisyonlarında, hız ve ivmenin sıfır olması beklenirken bu süreçlerde grafiklerde dalgalanmalar meydana gelmektedir. Bu durumun, çerçeve hareketinin tespit edilmesi için kullanılan potansiyometrenin yüksek hassasiyeti nedeniyle titreşimleri de hareket olarak algılayıp verileri kaydetmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Atkı atma işlemi el ile gerçekleştirildiği için çerçevenin tamamen kalktığı en üst ve tamamen indiği en alt konumlarında pistonların bekleme süresi kullanıcıya bağlı olarak değişmekte, çerçevenin atkı atma zamanı içerisinde bekletilmesi veya kullanıcının desendeki yeni atkı satırını oluşturması için gerekli zamanı sağlamaktadır.

4. SONUÇ

Çalışmada, elektropnömatik ağızlık açma sisteminde bulunan çerçevelerin hareketleri, çerçeve hareketini sağlayan piston miline bağlanmış olan doğrusal potansiyometre sistemi ile tespit edilmiştir. İlk ve son çerçevelerin hareketleri, ilgili çerçevenin piston miline bağlanan bir doğrusal potansiyometre vasıtasıyla incelenmiştir. Pistonların kalkış ve iniş esnasındaki konum bilgileri elde edilmiş ve bu verilerden faydalanılarak konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafikleri oluşturulmuştur. Pistonların harekete başladıktan sonraki ani konum değişimi ile hızın ve ivmenin yükseldiği; hareket tamamlanırken ise neredeyse sabitlendiği gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Başer, G. (2004). Dokuma tekniği ve sanatı, Cilt 1, Temel dokuma tekniği ve kumaş yapıları. İzmir: Punto Yayıncılık.
2. Abdullayev, G., Soydan, A.S. ve Hasçelik, B. (2003). Dokuma Makinalarında Armürlü Ağızlık Açma Mekanizmaları: Bölüm 1- İnceleme. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(1), 103-113.
3. Can, Ö. ve Abdullayev, G. (2014). Yeni Bir Armür Tahrik Mekanizmasının Tasarımı. SDÜ Teknik Bilimler Dergisi, 4(1), 19-29.
4. Özen, M.S. ve Akalın, M. (2012). Dokuma teknolojisi. İstanbul: Nesil Matbaacılık.
5. Ala, D.M. ve Çelik, N. (2015). Bilgisayar destekli yarı-otomatik tasarlanmış ve geliştirilmiş yerli bir numune dokuma makinesi. Tekstil ve Mühendis, Cilt 22, 17-23.
6. Ala, D.M. ve Çelik, N. (2016). Bir Numune Dokuma Tezgahı İçin Tasarlanmış Alternatif Ağızlık Açma Mekanizmaları. Tekstil ve Mühendis, Cilt.23, 182-188.
7. Hasçelik, B. (2008). Beklemeli salınım hareketli rotatif armür makinesinin kinematik ve dinamik analizi. Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
8. Yılmaz, Y. (1994). Negatif ağızlık açmada çerçeve hareketinin dinamik analizi. Tekstil ve Mühendis, 8 (43-44), 43-45.
9. Ala, D. M. ve Çelik, N., 2016, "Bir Numune dokuma makinesinin ağızlık açma sisteminin elektrik-elektronik kontrolü," Mühendis ve Makina, Cilt 57, Sayı 675, 54-62
10. Ala, D.M. ve Çelik, N., 2015, "Geliştirilmiş bir yerli dokuma desen tasarım programı", Tekstil ve Mühendis, Cilt 22, Sayı 99, 27-40
11. Ala, D. M., (2015), Bilgisayar kontrollü ağızlık açma ve desenlendirme yapabilen bir yarı-otomatik numune kumaş dokuma tezgâhı tasarımı, geliştirilmesi ve prototip imalatı. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana

Teşekkür

Çalışma için mali destek, "Elektroptomatik Ağızlık Açma Mekanizmasında Dokuma Sırasında Çerçeve Hareketinin ve Çözgü Geriliminin İncelenmesi (FBA-2016-6166)" başlıklı bireysel araştırma projesi ile sağlanmıştır. Çalışmamıza desteklerinden dolayı Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkürü borç biliriz.

FİLTRE SEÇİM TABANLI KÖPRÜ DOĞRULTUCU DEVRELERİNDE HARMONİK KAYNAKLI ETKİLERİN İNCELENMESİ

*Investigation of the Effects on Harmonic Sources in Bridge Rectifier
Circuit Based on Filter Selection*

Nihat PAMUK*

Öz: Tek fazlı güç elektroniği cihazlarının ürettikleri harmonik değerleri küçük olmasına karşın bu cihazların çok sayıda olması ve aynı anda kullanılmaları sebebiyle bu tarz yüklerin ürettiği harmonikler önemli değerlere ulaşmaktadır. Bu yüzden filtreli köprü doğrultucu devresinin hat akımı ve yük gerilimi değerlerini elde etmesi büyük önem taşımaktadır. Bu değerleri elde etmenin en etkili yolu MATLAB, EMTP ve ATP gibi yazılım programları kullanmaktır. Bu çalışmada kaynağın sinüzoidal ve sinüzoidal olmayan durumları için, hat akımı ve yük geriliminin dalga şekilleri, hat empedansı da dikkate alınarak, diferansiyel denklemler yardımıyla elde edilmiştir. Bu sayede hat akımı ve yük gerilimi dalga şekilleri, devre parametrelerinin herhangi bir değeri için benzetimlere kıyasla, hızlı ve doğru şekilde elde edilmiş ve çıkış filtresi büyüklüklerinin hat akımı harmonikleri, giriş güç faktörü ve diğer harmonik büyüklükler üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Filtreler, Köprü Doğrultucular, Harmonikler, Yazılım Programları.

Abstract: Though the amount of harmonic values generated from single phase power electronic loads is small, the number of these loads is large and they are used at the same time so the harmonics generated from these loads reach significant values. Therefore it's important to calculate the expressions of input line currents and load voltage values of the filtered full bridge rectifier. The most effective way to achieve these values is to use software programs such as MATLAB, EMTP and ATP. In this study, the line current and voltage waveforms are determined for sinusoidal and nonsinusoidal conditions via differential equations and considering the effect of line impedance. By means of this, compared to simulations, for any values of circuit parameters, accurate and rapid results are obtained for line current and voltage waveforms, and the effects of the values of output filter on line current harmonics, power factor and other harmonic quantities are analyzed.

Keywords: Filters, Bridge Rectifiers, Harmonics, Software Programs.

*Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Doktor Öğretim Üyesi, nihatpamuk@beun.edu.tr

1. Giriş

Günümüzde temel enerji kaynağı olan elektrik enerjisi yaşamımızın her alanına girmiştir. Bu enerji türü, tüketiciler açısından her an kullanıma hazır bir enerji olarak değerlendirilmekte ve insanlığın bu enerjiye talebi katlanarak artmaktadır. Bu nedenle elektrik enerjisi üreticileri daha “güvenli” ve “kaliteli” enerji üretme çabası içinde olsalar da, enerji talebindeki bu artış güç kalitesi kavramı üzerinde yoğun bir araştırma alanı oluşturmuştur. Enerji kalitesinin bu kadar önemli olmasının başlıca nedenleri (Kocatepe, 2003);

- Elektrikli teçhizatların gerilim değişimlerine karşı oldukça hassas olmaları,
- Güç sisteminde kullanılan teçhizatların hassas olmaları yanında kendilerinin de gerilim bozulmalarına neden olabilmeleri,
- Artan ihtiyaç talepleriyle birlikte standardizasyon gereksiniminin doğmuş olması,
- Enerji üreticilerinin kaliteli ve temiz enerji sunmak istemeleri,
- Güç kalitesinin ölçülebilir bir kavram olarak kabul edilmesidir.

Güç sistemlerindeki enerji kalitesi kavramı, “hassasiyet derecesi yüksek olan elektronik teçhizatların sisteme dâhil edilirken uygun şekilde enerji verilmesi ve topraklanması” olarak tanımlanmaktadır (Theodoridis, 2005). Her ne kadar hakkında farklı tanımlamalar olsa da, kaliteli ve güvenli bir elektrik enerjisi denince akla ilk gelen unsurlar; enerjinin sürekli olması, gerilim ve frekans değerlerinin sabit olması, güç faktörünün bir değerine yakın olması, faz gerilimlerinin dengeli olması, gerilim ve akım dalga şekillerinin sinüzoidal grafiğe yakın olmasıdır (Arrillaga, 2001).

Elektrik sistemlerinde şebeke geriliminin sinüzoidal formunu bozarak enerjinin kalitesini düşüren en önemli etkenler; başta güç elektroniği elemanları olmak üzere konvertörler, ark fırınları, statik VAR kompensatörleri, elektrik motorları, güç transformatörleri ve elektrik jeneratörleridir (Dumitrescu, 2009). Bu cihazlar gibi doğrusal olmayan sistem elemanlarının oluşturdukları bozucu etkilere ise “Harmonik” adı verilir (Kataoka, 2004). Bu harmonikler, elektrik motorlarında, güç transformatörlerinde, jeneratörlerde ve enerji iletim - dağıtım hatlarında, kondansatörlerde ilave kayıplara neden olmaktadır. Bu olumsuz durum sistemdeki rezonans olaylarının artmasına ve güç sistemindeki koruma elemanlarının hatalı çalışmasına neden olmaktadır (Lisserre, 2005). İşte bu sebeplerden dolayı, güç sistemlerindeki harmonik analizlerinin yapılması ve elektrik güç sistemine olan bozucu etkilerinin incelenmesi büyük önem arz etmektedir. Televizyon, bilgisayar, buzdolabı gibi tek fazlı güç elektroniği elemanlarına sahip tüketicilerin ürettikleri harmonik akım ve gerilim değerleri çok küçük olmasına karşın, bu tip yüklerin sistemde aynı anda ve çok yaygın olarak bulunmaları güç sistemindeki ilave kayıpların artmasına ve gerilim bozulmalarına neden olmaktadır. Bu

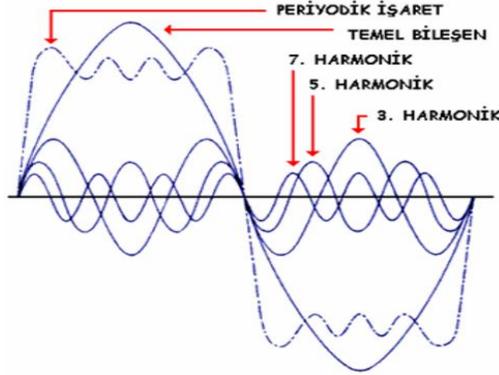
durumu önlemek için sistemde güç kaynağı olarak kabul edilen filtrelili köprü doğrultucu devrelerin kullanılması gerekmektedir.

Literatürde filtre seçim tabanlı köprü doğrultucu devrelerinin kullanım alanları belirtilerek, devrelerin harmonik güç üreten kaynak oldukları vurgulanmıştır (Kocatepe, 1995; Kim, 2009; Carpinelli, 2004). Filtre seçim tabanlı köprü doğrultucuların çalışma rejimi hat akımları ve yük gerilimine ait dalga şekilleri incelenmiştir. İncelemeler neticesinde, akım ve gerilim dalga formlarını etkileyen parametreler açıklanmıştır. Filtre seçim tabanlı köprü doğrultucu devrelerinin hat akımı ve yük gerilimi dalga şekillerini belirleyen en önemli unsurlardan biri çıkış filtresi değerleridir. Bazı çalışmalarda çıkış filtresi olarak sadece kapasitör bankları bulunurken (Kocatepe, 2001), bazılarında ise çıkış filtresi olarak indüktans ve kapasitör bankları birlikte kullanılmıştır (Karakaş, 2000). Çıkış kısmına konulan filtrenin amacı gerilim dalgalanmasını azaltarak, daha düzgün bir gerilim formu (sinüzoidal işarete yakın) elde etmektir. Gerilim formu elde edilirken güç faktörü değerinin maksimum, hat akımı harmoniklerinin de minimum seviyelerde olması hedeflenmektedir. Çalışmalarda daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi amacıyla hat empedansı, (özellikle indüktans değeri) optimal çözüme dahil edilmiştir.

Bu çalışmada, harmonik büyüklüklerine ait temel tanım ve kavramlar ortaya koyularak, güç sistemlerindeki harmoniklerin ve bu harmonikleri oluşturan elemanların sistem üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çıkış filtresi indüktans ve kapasiteden oluşan tek fazlı köprü doğrultucu (diyotlu) devresinin analitik modeli elde edilmiştir. Bu model kullanılarak çıkış filtresi büyüklüklerinin hat akımı ve yük gerilimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Farklı harmonik büyüklüklere ait değerler yine aynı değişkenler kullanılarak hesaplanmıştır.

2. Güç Sistemlerindeki Harmonikler

Elektrik sistemlerinde ideal olarak şebeke geriliminin ve şebekeden çekilen akımın sinüzoidal biçimde olması istenmektedir. Ancak, uygulanan gerilimin sinüzoidal olmasına rağmen güç elektroniği düzenleri, ark fırınları, deşarj lambaları gibi yüklerin şebekeden çekmiş oldukları akım formları sinüzoidal değildir. Akım formlarının sinüzoidal olmayışları, şebeke gerilimlerinin dalga şekillerine de etki etmektedir. Bu durum, gerilim dalga şekillerinde de bozulmaların başlamasına sebep olmaktadır. Sinüzoidal özelliğini kaybeden, ancak zamana göre periyodik olarak tekrarlanan akım veya gerilimin dalga şekli "Fourier Serisi" yardımıyla temel frekans 50 Hz'in katları frekanslardaki sinüzoidal dalgaların toplamı olarak ifade edilmektedir (Rüstemli, 2013). Şekil 1'de sinüzoidal olmayan akım formu için temel bileşen ve harmonik bileşenler gösterilmiştir.



Şekil 1. Sinüzoidal olmayan akım formu temel ve harmonik bileşenleri

Bir $f(t)$ fonksiyonunun fourier dönüşümü eşitlik 1 ile, ters fourier dönüşümü ise eşitlik 2 ile tanımlanmaktadır. Fourier ve ters fourier dönüşümleri sayesinde periyodik bir dalga hem zaman hem de frekans domeninde incelenmektedir.

$$f(w) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t).e^{-j\omega t} \quad (1)$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(w).e^{-j\omega t} \quad (2)$$

Elde edilen periyodik dalga şekli fourier serilerine açılırsa 3,4,5 ve 6 eşitlikleri elde edilir. Fourier serileri eşitlik 7,8 ve 9'da ise üstel formda gösterilmiştir.

$$f(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [A_n \cdot \cos(n \cdot \omega_0 \cdot t) + B_n \cdot \sin(n \cdot \omega_0 \cdot t)] \quad (3)$$

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t).dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(t).dt \quad (4)$$

$$A_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cdot \cos(n \cdot \omega_0 \cdot t).dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cdot \cos(n \cdot \omega_0 \cdot t).dt \quad (5)$$

$$B_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cdot \sin(n \cdot \omega_0 \cdot t).dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cdot \sin(n \cdot \omega_0 \cdot t).dt \quad (6)$$

$$f(t) = A_0 + \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \cdot e^{j \cdot n \cdot \omega_0 \cdot t} \quad (7)$$

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) \cdot e^{-j \cdot n \cdot \omega_0 \cdot t} dt = \frac{1}{T} \int_0^T f(t).dt \quad (8)$$

$$C_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cdot e^{-j \cdot n \cdot \omega_0 \cdot t} dt \quad (9)$$

Eşitliklerde; $n = 1,2,3,\dots$ (pozitif tamsayı) periyodik dalganın harmonik derecesini, t = bağımsız değişken değerini, $T = f(t)$ fonksiyonun

periyodunu, $A_0 =$ sabit terimi (doğru bileşen veya ortalama değer), A_n ve B_n ise $f(t)$ fonksiyonunun harmonik katsayılarını ifade etmektedir. Gerilim ve akım dalga formunda olan temel harmoniğin dışındaki harmoniklerin toplam etkin değerinin temel harmoniğin etkin değerine oranı “Toplam Harmonik Distorsiyonu” (THD) olarak tanımlanmaktadır. Toplam harmonik distorsiyonunun gerilim ve akım ifadeleri eşitlik 10 ve 11’de verilmiştir.

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1}, \quad THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (10)$$

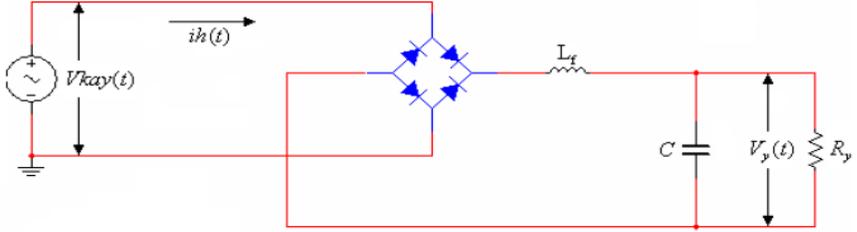
$$THD = \left[\left(\frac{V}{V_1} \right)^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad THD = \left[\left(\frac{I}{I_1} \right)^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Akım bozulma seviyelerinin, sadece THD ile belirtilmesi çoğu zaman yanıltıcı olmaktadır. Örneğin, küçük akım değerine sahip bir sürücü, az yüklü durumdayken giriş akımının THD’si çok yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Akım bozulma seviyesi yüksek olduğu halde, akımın genliği küçük olduğu için, tüm sistem açısından bakıldığında çok önemli bir sorun yaratmamaktadır. Bu yüzden, harmonik bileşenlerin efektif değerlerinin, temel bileşenin efektif değerine oranı yerine temel frekansın maksimum talep akımına oranı olan “Toplam Talep Distorsiyonu” (TTD) kavramı ortaya çıkmıştır. Toplam Talep Distorsiyonu (TTD) eşitlik 12’de verilmiştir. Eşitlik 12’deki I_L akımı yük tarafından çekilen temel frekanslı maksimum akım değeridir.

$$TTD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_L} \quad (12)$$

3. Maksimum Güç Faktörü ve Minimum Harmonik Hat Akımı Değerleri İçin Köprü Doğrultucu Tasarım Adımları

Filtre seçim tabanlı köprü doğrultucu hat akım harmonikleri güç sisteminin düzgün çalışmasına zarar vermekte ve köprü doğrultucuya ait güç faktörünün azalmasına ve kaynaktan iletilen gücün sınırlanmasına neden olmaktadır. Köprü doğrultucu tasarımı gerilim kaynağının sıfır empedanslı, diyotların ideal kabul edildiği, çıkış filtresine ait kapasitenin sonsuza yakın büyüklükte olduğu ve dolayısıyla çıkış geriliminin dalgasız olduğu durumlarda gerçekleştirilmiştir. Köprü doğrultucunun çıkış filtresine ait indüktans değeri, hat akımının dalga şeklini, hat akımı harmoniklerini ve güç faktörünü belirlemekte kullanılmaktadır. Şekil 2’de filtre seçim tabanlı köprü doğrultucu tasarımında kullanılan eşdeğer devre modeli verilmiştir.

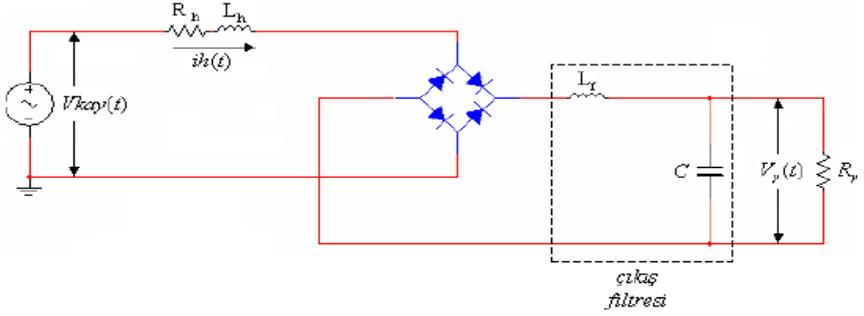


Şekil 2. Filtre seçim tabanlı köprü doğrultucu tasarımında kullanılan eşdeğer devre modeli

Literatürdeki klasik doğrultucu analizlerinde indüktans değerinin sonsuza yakın olduğu kabul edilmektedir. Bu durum güç faktörünün ve hat akımı harmoniklerinin hesaplanmasında ciddi hatalara sebep olmaktadır. Güç faktörünün ve hat akımı harmoniklerinin bilgisayar benzetim tabanlı analizi yapılarak, güç faktörünün ve hat akımı harmoniklerinin çıkış filtresi büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak tasarım eğrileri elde edilmiştir. Sayısal analizler ve filtre seçim tabanlı köprü doğrultucu tasarımları yapılmadan önce belirlenen referans değerlerine göre normalizasyon işlemi yapılmıştır. Köprü doğrultucu için üç farklı çalışma modu belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla; süreksiz iletim modu 1, süreksiz iletim modu 2 ve sürekli iletim modudur. Tek fazlı köprü doğrultucu devresi için maksimum güç faktörünün süreksiz iletim modu 1’de meydana geldiği, çıkış filtresinin bir değerinin maksimum güç faktörünü, başka bir değerinin ise minimum hat akımı harmonik değerini verdiği tespit edilmiştir. Üç fazlı köprü doğrultucu devresi için ise maksimum güç faktörünün ve minimum hat akımı harmonik değerinin sonsuza yakın çıkış filtresi indüktans değerinde elde edildiği tespit edilmiştir.

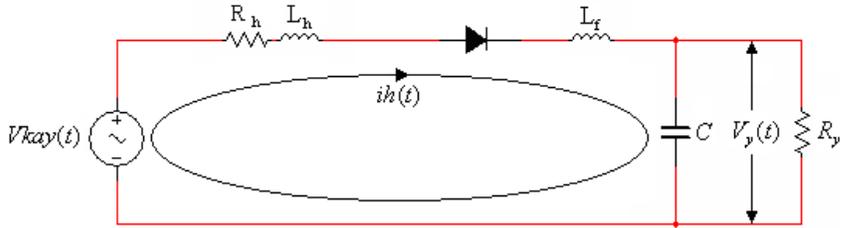
4. Filtre Seçim Tabanlı Köprü Doğrultucu Devresinin Analitik Olarak Modellenmesi ve Analiz Sonuçlarının İncelenmesi

Çıkış filtresi indüktans ve kapasiteden oluşan tek fazlı köprü doğrultucu devresinin hat empedansının da dâhil edildiği tam bir analitik modeli diferansiyel denklemler yardımıyla elde edilmiştir. Çıkış filtresinin karakteristik değerlerinin gerilim kaynağının sinüzoidal ve sinüzoidal olmayan durumlarına göre hat akımını, çıkış gerilimini ve güç faktörünü nasıl etkilediği incelenmiştir. Şekil 3’de Filtre seçim tabanlı köprü doğrultucu tasarımında kullanılan ve çıkış filtresinin dâhil edildiği eşdeğer devre modeli verilmiştir.



Şekil 3. Filtre seçim tabanlı köprü doğrultucu tasarımında kullanılan çıkış filtrelili eşdeğer devre modeli

Eşdeğer devrenin çalışma modeli, iletim (şarj) ve kesim (deşarj) olmak üzere iki periyot halinde incelenmiştir. Şekil 4’de iletim (şarj) periyodu için eşdeğer devre modeli gösterilmiştir.



Şekil 4. İletim (şarj) periyodu için eşdeğer devre modeli

İletim periyodunda $ih(t)$ akımı diyotlardan akarak kondansatörü şarj etmektedir. Diyotlar akımın akmaya başladığı zaman ve akımın tekrar sıfıra indiği zamanlar arasında iletimdedirler. Kirchhoff’un akım ve gerilim yasaları uygulandığında sistemin çözümüne ulaşılır ve eşitlik 13, 14, 15 ve 16 elde edilir. Söz konusu eşitlikler MATHCAD yazılım programında geliştirilen algoritma yardımıyla çözülmüştür.

$$V_{kay}(t) = \sum_1^n Vm_n \cdot \sin(\omega_n t + \varphi_n) \quad (13)$$

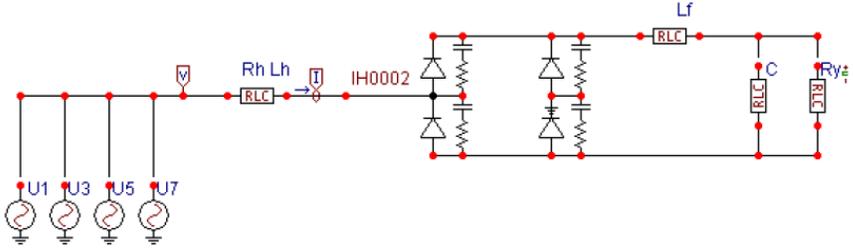
$$V_y(t) = \sum_1^n c1_n e^{D1 \cdot t} + c2_n e^{D2 \cdot t} + A_n \cdot \sin(\omega_n t + \varphi_n) + B_n \cdot \cos(\omega_n t + \varphi_n)$$

$$ih(t) = C \cdot \frac{dvy}{dt} + \frac{vy(t)}{R_y} \quad (15)$$

$$ih(t) = \sum_1^n \left[e^{D1 \cdot t} \cdot \left(C \cdot D1 + \frac{1}{R_y} \right) + e^{D2 \cdot t} \cdot \left(C \cdot D2 + \frac{1}{R_y} \right) \right] + \sum_1^n \left[\sin(\omega_n \cdot t + \varphi_n) \cdot (-C \cdot B_n \cdot \omega_n + \frac{1}{R_y} \cdot A_n) + \right] \quad (16)$$

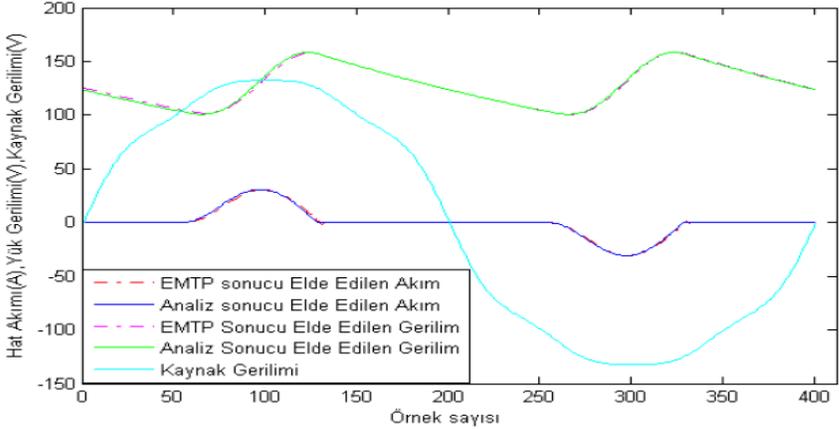
$$\cos(\omega_n \cdot t + \varphi_n) \cdot (C \cdot A_n \cdot \omega_n + \frac{1}{R_y} \cdot B_n)$$

Kesim (Deşarj) periyodunda, iletim periyodunda şarj olan kondansatör direnç üzerinden boşalır. Deşarj periyodunda sinüzoidal olmayan gerilim kaynağı lineer olmayan yük durumunda kabul edilir ve $n = 1$ alınır, sinüzoidal gerilim kaynağı lineer olmayan yük durumu için benzer akım ve gerilim eşitlikleri elde edilir. (Electromagnetic Transients Program) EMTP yazılım programı kullanılarak analitik metot ile elde edilen akım ve gerilim değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Şekil 5’de EMTP yazılım programında oluşturulmuş çıkış filtreli eşdeğer devre modeli gösterilmiştir.



Şekil 5. EMTP programındaki çıkış filtreli eşdeğer devre modeli

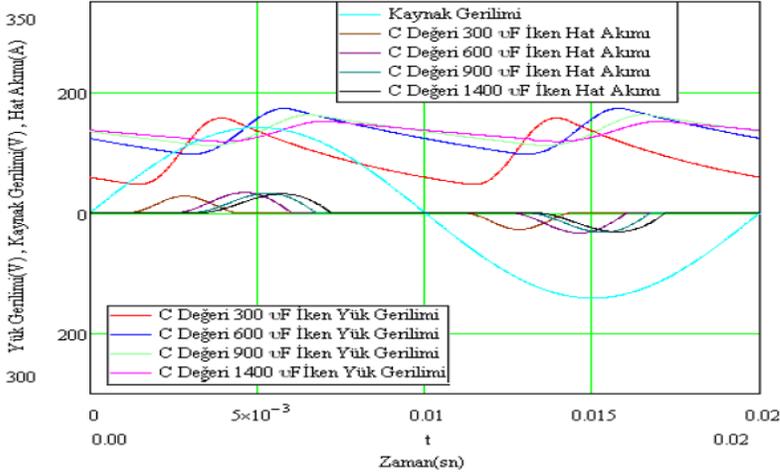
Şekil 5’de sinüzoidal olmayan gerilim devreleri modellenirken 1., 3., 5. ve 7. harmoniklerin frekanslarına sahip sinüzoidal gerilim kaynakları paralel olarak bağlanmıştır. Gerilim kaynağının sinüzoidal olmayan şartlar için harmonik bileşenleri ve toplam harmonik distorsiyonu (THD) hesaplanmıştır. Hat empedansının omik direnci $0,01\Omega$, indüktans değeri ise $0,5 \text{ mH}$ ’dir. Filtre indüktans değeri $0,5 \text{ mH}$, kapasite değeri ise $750 \mu\text{F}$ ve yük direnci ise 20Ω olarak seçilmiştir. 1, 3, 5 ve 7. harmonik değerleri için elde edilen gerilimin etkin değerleri sırasıyla 99.53, 7.23, 4.82 ve 2.56 Volt’dur. Sisteme ait toplam harmonik distorsiyonu ise 9.257’dir. Şekil 6’da sinüzoidal olmayan gerilim kaynağının bağlı olduğu lineer olmayan yükler için, EMTP ve MATHCAD yazılım programları ile elde edilen analitik hesaplama sonuçlarına ait grafikler gösterilmiştir.



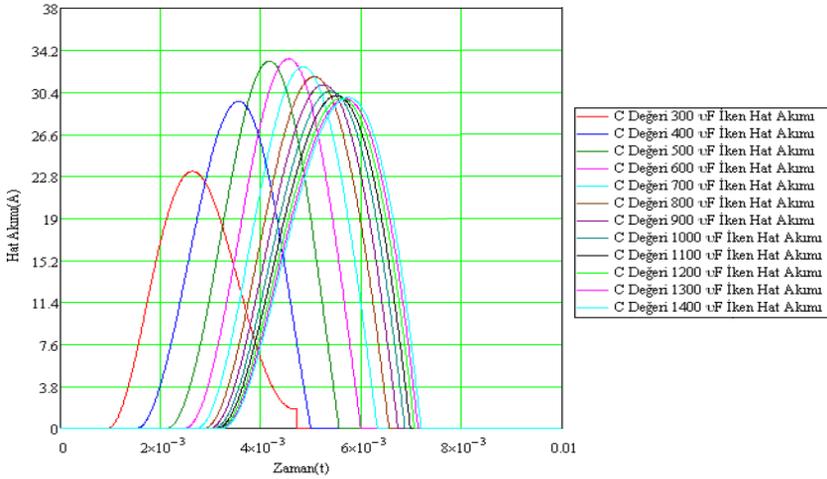
Şekil 6. Sinüzoidal olmayan gerilim kaynağının bağlı olduğu lineer olmayan yükler için analitik hesaplama sonuçlarına ait grafik çizimleri

Filtre seçim tabanlı köprü doğrultucu devrelerinde aktif filtreye ait indüktans değeri 0,1 mH'den 1,5 mH'ye kadar 0,1 mH'lik adımlarla artırılırken, aktif filtreye ait kapasite değeri ise 500 μF 'dan 1400 μF 'a kadar 10 μF 'lık adımlarla artırılmıştır. Çalıştığımız aralıktaki çıkış filtresine ait indüktans ve kapasitesi değeri arttıkça, güç faktörü değeri de artmaktadır. Filtredeki indüktans ve kapasite elemanları birlikte kullanıldığında yüksek frekanslı harmonikler filtre vasıtasıyla süzülmesi için sistemin verimi dolayısıyla güç faktörü artmıştır. Sinüzoidal olmayan gerilim kaynaklı güç sisteminde ise gerilim harmonikleri sebebiyle akımın etkin değeri düşmüştür. Bu durumda sistemden daha düşük bir güç faktörü elde edilmiştir.

Sistemde diyotlar kesimdeyken kondansatör yük direnci üzerinden deşarj olmaktadır. Bu deşarjın süresi zaman sabiti olan τ 'ya bağlıdır. Kaynak periyodu olan (T), zaman sabiti olan τ 'dan daha küçük olduğu durumlarda kondansatörün gerilimi $V_{\text{Kay}}(t)$ 'ye doğru yaklaşır. Çünkü zaman, τ 'ya göre çok küçük bir değer olduğundan gerilim değerini sabitleştirir. Kaynak periyodu arttıkça kondansatörün şarj olma süresi uzamaktadır. Bu durum diyotların daha uzun süre iletimde kalmasını sağlamaktadır. Filtredeki kapasite değeri arttıkça üstel kısmın değeri artacağından dolayı yük geriliminin de değeri artmaktadır. Şekil 7'de sisteme ait yük gerilimi ve hat akımının filtre kapasite değerine göre değişim grafiği gösterilmiştir. THD'li hat akımının filtre kapasite değerine göre değişim grafiği elde edilirken, indüktans değeri 0,5 mH sabit tutularak kondansatör değeri 300 μF 'dan 1400 μF 'a kadar artırılmıştır. Şekil 8'de THD'li hat akımının filtre kapasite değerine göre değişim grafiği gösterilmiştir.



Şekil 7. Sisteme ait yük gerilimi ve hat akımının filtre kapasite değerine göre değişim grafiği



Şekil 8. THD'li hat akımının filtre kapasite değerine göre değişim grafiği

Şekil 8 incelendiğinde, $300\mu\text{F}$ değerinden $600\mu\text{F}$ değerine kadar kondansatörün kapasite değeri arttırıldığında diyotun iletme girme zamanı kondansatörün düşük kapasite değerleri için ($300\mu\text{F}$ - $600\mu\text{F}$) aralığında hat akım dalgalanmasının büyük olması sebebiyle diyotların iletim zamanı büyük aralıklarla ilerlemektedir. Bu da akımın etkin değerinin artmasına sebep olmaktadır. $600\mu\text{F}$ değerinden sonra ise hat akım dalgalanması azaldığı için, diyotun iletim zamanındaki kalma süresi azalırken zaman sabiti olan (τ) arttığı için kondansatörün şarj olma süresi uzamaktadır. Bu durum akım dalga şeklinin basık olmasını sağlayarak, akımın etkin değerinin azalmasına sebep olmaktadır. Yapılan analizler

kondansatörün kapasite değeri arttıkça hat akımının ortalama değerinin arttığını göstermiştir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, harmoniklerin incelenmesinde kullanılan yöntemler, harmoniklere ait tanım ve büyüklükler, standartlar, harmonik kaynakları ve bu kaynakların diğer sistem bileşenleri üzerindeki etkileri anlatılmıştır. Geniş alana yayılmış tek fazlı güç elektroniği yüklerinin harmonik değerlerinin ve güçlerinin, bu yüklerin çok yaygın olarak ve aynı anda kullanıldığı hesaba katıldığında yüksek değerlere ulaştığı ortaya konulmuş, bu tip güç elektroniği yüklerinin güç kaynaklarında sıklıkla kullanılan filtre seçim tabanlı köprü doğrultucu devresinin incelenmesinin önemi vurgulanmıştır.

Ayrıca tek fazlı güç elektroniği yüklerinin güç kaynaklarında sıklıkla kullanılan filtre seçim tabanlı köprü doğrultucu devresinin çıkış filtresi indüktans ve kondansatörden oluştuğu durum için analitik bir model oluşturulmuştur. Hat akımının ve yük geriliminin devre denklemleri diferansiyel denklemler yardımıyla çözümlenerek, elde edilen sonuçlar EMTP programıyla karşılaştırılıp doğruluğu ispat edilmiştir. Kontrolsüz bir eleman olan köprü doğrultucunun iletim ve kesim zamanları iterasyon temelli yöntem kullanılarak MATHCAD yazılım programı yardımıyla elde edilmiştir. Çıkış filtresi değerlerinin, giriş verileri olan hat akımının ve güç faktörünün değerlerinin belirlenmesinde çok önemli etkenler olduğu gösterilmiştir. Çıkış filtresi değerleri değiştirilerek giriş verilerinin kontrol edilebileceği gösterilmiştir.

KAYNAKÇA

Arrillaga, J., Watson, N.R., Chen, S. (2001). Power System Quality Assesment. John Wiley & Sons, Michigan University, 06 December 2007.

Carpinelli, G., Russo, A., Varilone, P., Verde, P. (2004). Analytical Modeling for Harmonic Analysis of Line Current of VSI-Fed Drives. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 19, No. 3, pp. 1416-1422.

Dumitrescu, A.M., Griva, G., Bojoi, R., Bostan, V., Magureanu, R. (2009). Current Controllers Design Using Naslin Polynomial Method for Active Power Filters. Revue Roumaine Des Sciences Techniques Serie Electrotechnique et Energetique, Vol. 54, No. 1, pp. 115-124.

Karakaş, A (2000). Harmonikli Devrelerde Güç Kompanzasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Kataoka, T., Kishimoto, N., Inagaki, M. (2004). Transient Performance Analysis of a Single – Phase Voltage – Type PWM Rectifier with Active Filtering Function. Power Electronics Specialists Conference, Vol. 5, pp. 3707-3712.

Kim, H., Sul, S.K. (2009). Analysis on Output LC Filters for PWM Inverters. IEEE 6th International Power Electronics and Motion Control Conference, pp. 384-389.

Kocatepe, C. (1995). Sinüzoidal Olmayan Yükleri İçeren Enerji Sistemlerinde Harmonik Yük Akışı Analizi ve Simülasyonu. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Kocatepe, C., Uzunoğlu, M. (2001). Elektrik Enerji Sistemlerinde Harmoniklerin Meydana Getirdiği Etkiler. Kaynak Elektrik Dergisi, Sayı 148, sf. 126-131.

Kocatepe, C., Uzunoğlu, M., Yumurtacı, R., Karakaş, A., Arıkan, O. (2003). Elektrik Tesislerinde Harmonikler. Birsen Yayınevi, İstanbul, Kasım 2003.

Liserre, M., Blaabjerg, F., Hansen, S. (2005). Design and Control of an LCL – Filter – Based Three – Phase Active Rectifier. IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 41, pp. 1281-1291.

Rüstemli, S., Cengiz, M.S., Dinçer, F. (2013). Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Aktif Filtre Kullanılarak Yok Edilmesi ve Simülasyonu. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 1, sf. 30-38.

Theodoridis, M.P. (2005). Analysis of a Capacitive –Filter Half – Wave Rectifier Fed by Aparallel – Load Resonant Tank. IEEE Proceedings – Electric Power Applications, Vol. 152, pp. 878-884.

ELEKTRİK SİSTEMLERİNDE MAKSİMUM GÜÇ AKTARIMI KULLANILARAK GERİLİM KARARLILIK İNDEKSİNİN TESPİTİ

*The Detection of Voltage Stability Index in Electrical Systems by
Using Maximum Power Transfer*

Nihat PAMUK*

Öz: Modern güç sistemleri ileri seviyede planlanmış, çok değişkenli, dinamik sistemlerdir. Genel olarak, sistem parametrelerindeki bozulmalar, sistem elemanlarının farklı karakteristiklerde olmasında kaynaklanmaktadır. Çalışmalar gerek sistemlerin planlanma aşamasında, gerek evvelce yapılmış sistemlerin limit değerlerinin belirlenmesi ve gerekse kararlı halde çalışan sistemlerin gerçek zamanlı değerlendirilmesini hedeflemektedir. Karmaşık güç sistemleri beklenmedik yüklenme durumlarında gerilim kararsızlık sınırına gelebilmektedir. Bu nedenle, büyük sistemlerin işletilmesinde kombinasyonel olayların gerilim kararlılığı anlamında yapabileceği etkilerin anlık olarak değerlendirilmesi, oluşabilecek bir gerilim çökmesi olayını engelleyebilecektir. Bu çalışmada, yerel bara parametrelerini kullanarak, eşdeğer devre parametrelerinin kestirilmesine ilişkin bir dizi yöntem geliştirilmiştir. Oluşturulan maksimum güç fazör diyagramından, gerilim kararlılığı indeksinin değerlendirilmesini sağlayacak kritik değer eşitlikleri elde edilmiştir. Simülasyon sonuçları, önerilen değerlendirme yaklaşımının, gerçek zamanlı uygulamalarda klasik yük akışı algoritmalarının kullanıldığı durumlara göre daha pratik ve yeterince doğru kaldığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Maksimum Güç Aktarımı, Gerilim Kararlılık İndeksi, Güç Sistemleri.

Abstract: Modern power systems are high-order, multivariable, dynamic systems whose responses to disturbances depend on the different characteristics of a wide array of devices. The studies targets the real time evaluation of operating systems whether at the system planning stage or determination of limits of a planned system or at steady state loading conditions. The complex power systems can reach voltage instability limit at unexpected loading conditions. For this reason, the possibility of voltage collapse event occurrence in operating huge systems can be prevented by momentary evaluation of the combinational events effects in meaning of voltage stability. In this study, series of methods relating to

*Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Doktor Öğretim Üyesi, nihatpamuk@beun.edu.tr

the estimation of equivalence circuit parameter by using local bus parameter are developed. The critical value equalities which provide easiness in evaluation of voltage stability index are obtained from the maximum power phasor diagram. The simulation results indicates that the proposed evaluation approach, is more practical and true in respect to the situation in which the classical load flow algorithm at real time applications is used.

Keywords: Maximum Power Transfer, Voltage Stability Index, Power Systems.

1. Giriş

Elektrik enerjisi, günümüzde en yaygın olarak kullanılan, çok değerli fakat bir o kadar da pahalı bir enerji türüdür. Güç sistemi kontrol planlayıcıları, minimum maliyet, sarfiyat ve tasarruf için her türlü araştırma ve geliştirme faaliyetlerini yapmak zorundadır. Elektrik güç sistemleri, sürekli değişen ortam şartlarında çalışan lineer olmayan sistemler olarak tanımlanırlar (Alzahawi, 2005). Yükler, jeneratör çıkışları ve sistem parametreleri sürekli olarak değişmektedir. Son yıllarda, ekonomik ve çevresel şartlar, elektrik güç sistemlerini en verimli işletim şartlarında ve işletme sınırlarına yakın noktalarda çalışmaya mecbur kılmıştır. Buna bağlı olarak da; lineer olmayan, zamanla değişen ve dinamik bir olgu olan gerilim kararlılığı analizi, elektrik güç sistemlerinin işletilmesinde önemli bir analiz halini almıştır (Kundur, 1994).

Gerilim kararlılığı, bir elektrik güç sisteminin yük talebi ile üretilen ve yük merkezine iletilen güç arasındaki dengenin korunması yeteneğidir (Yalçın, 1995). Var olan gerilim kararlılığı metotları ve ilgili kararlılık incelemeleri; dinamik benzetimler, sürekli hal durum analizi ve gerilim kararlılığı indeksi ya da marjinleri olmak üzere üç kategoride sınıflandırılabilir (Küçüktezcan, 2008). Güç sisteminde karşılaşılan gerilim kararlılığı problemlerine; yük talebi, iletim şebekesinin kapasitesi ve güç üretim kapasitesi olmak üzere, üç faktör etki etmektedir (Ertay, 2010). Elektrik güç sistemlerinde, gerilim kararlılığı konusunun incelemesi için, sistemin dinamik modeli ve benzetimi yapılması gerekmektedir. Bir elektrik güç sistemi; diferansiyel, ayrık ve cebirsel olarak modellenabilir (Li, 2011). Sisteme ait çeşitli değişkenlere bağımlı fonksiyonel eşitlikler tanımlanarak, sistemin uzun-dönem sürekli dinamik denklemleri, termal yük toparlanması ve jeneratör voltaj düzenleme davranışı belirlenmektedir.

Elektrik güç sisteminin uzun-dönem ayrık dinamik yapısının modellenmesinde ise, şönt kapasitörler / reaktör anahtarlamaları, YKD (yük kademe değişimleri) ve aşırı uyarma sınırlayıcıları belirleyici olarak önemli bir rol oynamaktadır (Aydın, 2009). Ele alınacak elektrik güç sisteminde, bulunan dinamik yapılar ve bunlara bağlı elde edilen parametrik değerler bir araya toplanarak elde edilen fonksiyonel

denklemler kümesi, sistemin dengesini temsil etmektedir (Deveraj, 2011). Uygun varsayımlar sonucunda günümüze kadar birikmiş bilgilere dayanılarak oldukça ayrıntılı ve yeterli doğrulukta bir elektrik güç sistemi modeli elde edilebilmektedir. Çeşitli dinamik benzetim yöntemleri ile güç sisteminde olay sıralarının zaman ayarı tekrar oluşturulabilmekte ve sistemin kararlı olup olmadığının tanımlaması yapılabilmektedir.

Gerilim kararlılığı konusunda kullanılan en yaygın yöntem güç akışı analizidir. Güç akışı problemini çözmek için ise en genel ve en güvenilir yöntem, Newton - Raphson algoritmasıdır (Crow, 2002). Bu yöntemde, lineer olmayan eşitlikler ile elde edilen sistem yükleri kullanılarak, jeneratörler vasıtasıyla bara gerilim problemleri ortadan kaldırılmaktadır. Taylor açılımındaki ilk terim kullanılarak, lineer olmayan eşitlikleri doğrusallaştıran iteratif bir çözüm elde edilmektedir. Lineer olmayan eşitliklerin türevleri alınarak, "Jakobien Matrisi" olarak adlandırılan matris elde edilir. Geleneksel güç akışı algoritmalarında, güç akışındaki yük noktaları ayrılır ve maksimum güç noktası gibi sistemin tekil olan jakobien matrisi hesaplanmaktadır (Pamuk, 2011). Güç akışı metodu koruma ve düzeltme prensibine dayanmaktadır. Maksimum yüklenme noktasında tekil olmayan arttırılmış jakobien matrisi için ilave bir eşitlik üretilmektedir. Belirli yük barasının maksimum yüklenme noktası, başlangıçtaki maksimum akım değeri ile hesaplanmaktadır. Yükteki küçük bir artış ile belirli yük örneği (sabit güç faktörü) elde edilmekte ve maksimum güç akışı noktasına ulaşılan kadar hesaplamalar tekrar edilmektedir.

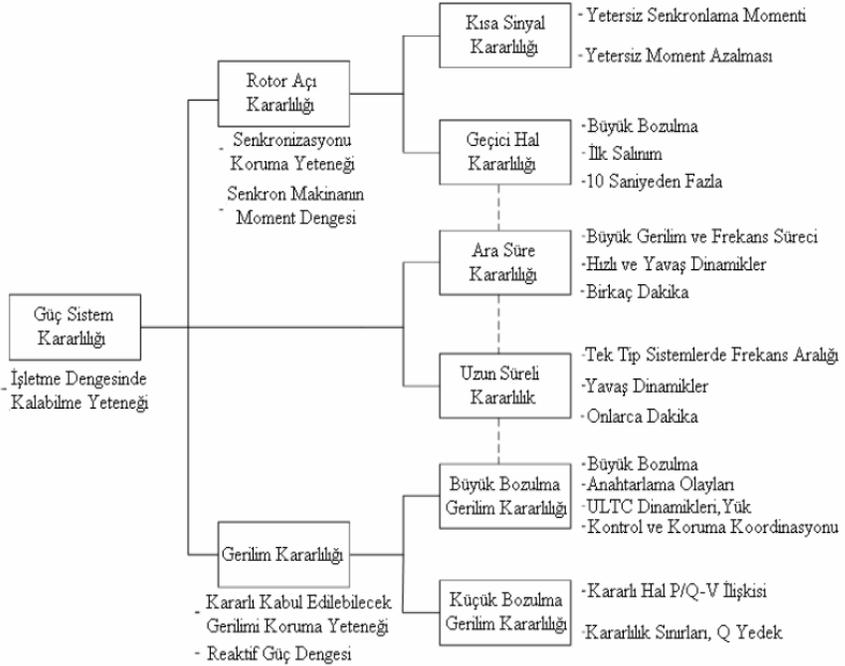
Gerilim kararlılık indeksinin hesaplanması için çift güç akışı çözümü kullanılmaktadır (Tamura, 1989). Gerilim kararlılığı indekslerine bağlı olarak çoklu çözüm yönteminin kullanılmamasının başlıca nedeni, alçak gerilim problemlerinin hesaplanma zorlukları ve kararlılık noktası için sınır değerlerinde güç akışı ırsamalarının olmasıdır (Yalçınöz, 2004). Literatürde alçak gerilim problemlerinin çözülmesinde gelişmiş çeşitli metotlar olmasına rağmen, birtakım zorluklar devam etmektedir. Çevrimiçi uygulamalarda kararlılık indekslerinin hesaplanma talepleri oldukça yoğundur. Güç sisteminin sürekli hal yük durumunda, sistemin maksimum yüklenme noktasına ulaştığında, güç akışının Jakobien matrisiyle ilişkili, tekil olan eşitliğinin uyumsuz olduğu görülmektedir (Çiftçi, 2011). Bu nedenle klasik Newton - Raphson tabanlı güç akışı algoritmalarının yakınsama zorlukları ortaya çıkmaktadır. Matrisin ana köşegen değerleri ile negatif olmayan tekil değerler elde edilmektedir. Eğer minimum tekil değerler sıfıra indirgenirse matris değeri tekil olmaktadır. Jakobien matrisinin en küçük tekil değeri, jakobien matrisinin tekilleşmeye ne kadar yakın olduğunu saptamakta ve güvenli bir indeks olarak kullanılmaktadır (Huang, 2014). Sonuç olarak, jakobien matrisinin

tekillleşmeye ne kadar yakın olduğu saptanırsa, sistemdeki gerilim kararsızlığını oluşturan sınır değerler belirlenmektedir.

Bu çalışmada, literatürde kullanılan yöntemlerde oluşan hataları ve işlem yoğunluğunu azaltmak amacıyla yerel bara parametreleri kullanılmış, kestirim yöntemi ile gerçek zamanlı olarak Thevenin eşdeğer devresi oluşturulmuştur. Güç bilançosu üzerinden gidilerek kestirim denklemleri kullanılmış ve indüktif çalışma şartlarında daha doğru kestirimler elde edilmiştir. Thevenin eşdeğer devresi ile k. baranın gerisinde kalan baralardaki yük değişimleri, açma-kapama (anahtarlama) olayları, jeneratör limit değerlerinden kaynaklanan enerji yetersizlikleri ve bu yetersizliklerin k. baradaki gerilim kararlılığına olan etkileri ve gerilim kararlılık indeksi belirlenmiştir. Bu yaklaşım ile gerilim kararlılığı sınır değerleri daha kolay değerlendirilebilmiştir.

2. Elektrik Güç Sistemlerinde Kararlılık

Elektrik güç sistemlerindeki rotor açma kararlılık problemi, güç sisteminin kararlı yapısının bozulmaya başladıktan sonra senkronizasyonda kalma yeteneğini ve güç sistemlerindeki dâhili elektriksel dalgalanmanın çalışmasını içermektedir. Bozulmanın büyüklüğüne ve içeriğine bağlı olarak, rotor açma kararlılığı genellikle, küçük işaret kararlılığı ve geçici hal kararlılığı olmak üzere, iki sınıfta kategorize edilebilir (Taylor, 1994). Küçük işaret kararlılığı, güç sistemlerinin küçük bozulmalar altında jeneratörün senkronizasyonunu koruyabilme yeteneği ile ilgilidir. Geçici hal kararlılığı ise, güç sistemlerinin büyük geçici bozulmalardan sonraki senkronizasyonunun korunma yeteneği ile ilgilidir (Cigre, 1994). Şekil 1'de elektriksel güç sistemine ait kararlılık problemlerinin sınıflandırma şeması gösterilmiştir.



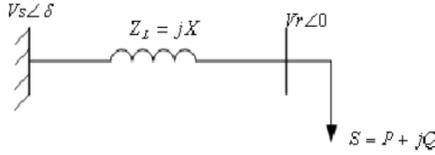
Şekil 1. Kararlılık problemlerinin sınıflandırılma şeması

Gerilim kararsızlığı, elektrik sisteminde meydana gelen olayların geniş bir kısmını içerirken; gerilim kararlılığı için ise değişik görüşler bulunmaktadır. Elektriksel güç üretiminde azalma, talep edilen yükte artma veya jeneratör, iletim hattı, transformatör vb. cihazların çalışması için gerekli olan elektrik enerjisinin kesilmesi gibi bozulmalardan dolayı gerilim büyüklükleri kontrol edilememekte ve güç sistemlerinde gerilim kararsızlığı problemleri oluşmaktadır. Sistemdeki yük; motor kayma hareketi, bir transformatörün sargıları arasındaki akımların sabit kalacak şekilde değişmesi, termostatlar vb. sebeplerle oluşan ani gerilim değişiklikleri, sistemin toparlanma sürecinde söz konusu bozulmalardan kaynaklanan güç tüketimini telafi etmek eğilimindedir. Yükün gerilim değişimlerine dinamik cevabı, sistemdeki gerilim kararsızlığının anahtar mekanizmasını oluşturmaktadır. Üstel yük fonksiyonların özel bir biçimi, sabit empedans, sabit akım ve sabit güç olmak üzere, üç model yükten oluşan polinom yük modelidir. Polinom yük modeline ait aktif ve reaktif güç tüketim denklemleri eşitlik 1 ve 2'de verilmiştir. Yük gerilim genliği belirli sınır değerleri içerisinde olduğundan, bu üstel yük modelleri sistem için geçerli kabul edilmektedir.

$$P(V) = P_0 \left[k_{pz} \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + k_{pi} \left(\frac{V}{V_0} \right) + k_{pp} \right] \quad (1)$$

$$Q(V) = Q_0 \left[k_{Qc} \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + k_{Qi} \left(\frac{V}{V_0} \right) + k_{Qq} \right] \quad (2)$$

Gerilim kararsızlığına etki eden en büyük faktör, iletim şebekesinin hat empedansı vasıtasıyla aktif ve reaktif güç akışı yapılırken meydana gelen gerilim düşümüdür. İletim hattının empedansı, kaynak ile yük arasındaki hat boyunca iletilecek olan maksimum gücü sınırlar. Çevresel kısıtlayıcı şartlar kaldırılırsa, daha önceden tasarlanan iletim sisteminin iletim sistem karakteristikleri kullanılarak daha uzun mesafelere güç transferi yapılabilir. Hattan iletilen gücün, iletim şebekesinin maksimum değerine yakınsaması gerilim kararsızlığının ana nedenlerinden birisidir. Şekil 2’de iki baralı örnek bir güç sistem modeli gösterilmiştir. Şekil 2’de, sabit kaynak gerilimi V_s , bir enerji iletim hattı vasıtası ile yüke uygulanan basitleştirilmiş reaktans ise jX dir.



Şekil 2. İki baralı güç sistem modeli

Yük tarafından alınan aktif ve reaktif güç denklemleri eşitlik 3 ve 4’de verilmiştir. Eşitlik 3 ve 4’ün birleştirilmesi ve δ ’nın elimine edilmesi ile V_r elde edilmektedir. Bu durum eşitlik 5 ile verilmiştir. V_r fiziksel bir değişken olarak tanımlanmaktadır.

$$P = \frac{V_s \cdot V_r}{X} \cdot \sin \delta \quad (3)$$

$$Q = \frac{V_s \cdot V_r}{X} \cdot \cos \delta - \frac{V_r^2}{X} \quad (4)$$

$$V_r = \sqrt{\frac{V_s^2}{2} - QX} \pm X \sqrt{\frac{V_s^4}{4X^2} - P^2 - Q \frac{V_s^2}{X}} \quad (5)$$

3. Elektrik Güç Sisteminin Dinamik Modeli

Elektrik güç sisteminin dinamik modeli eşitlik 6, 7, 8 ve 9’da gösterildiği gibi diferansiyel, ayrık ve cebirsel olarak oluşturulur. Bu eşitliklerde sırasıyla, y bara gerilim vektörünü, x kısa-dönem durum vektörünü, Z_c sürekli durum vektörünü ve Z_d ise ayrık uzun-dönem durum vektörünü göstermektedir (Cutsem, 1998).

$$\dot{x} = f(x, y, z_c, z_d) \quad (6)$$

$$\dot{z}_c = h_c(x, y, z_c, z_d) \quad (7)$$

$$z_d(k+1) = h_d(x, y, z_c, z_d(k)) \quad (8)$$

$$0 = g(x, y, z_c, z_d) \quad (9)$$

Eşitlik 6, jeneratör, indüksiyon motorları, HVDC (yüksek gerilim doğru akım) bileşenleri ve SVC ler gibi kısa-dönem sistem dinamiklerini göstermektedir. Eşitlik 7, termostatik yük toparlanması ve jeneratör voltaj düzenlemesi gibi elektrik güç sistemine ait uzun-dönem sürekli dinamikleri göstermektedir. Eşitlik 8, LTC kademe değişimleri, şönt kapasitör/reaktör anahtarlama ve aşırı uyarma sınırlayıcıları gibi elektrik güç sistemine ait uzun-dönem ayrık dinamiklerin modelidir. Eşitlik 7 ve 8 denklemlerinin birleşimi güç sisteminin uzun-dönem dinamik modelidir. Eşitlik 9 denklemi güç sisteminin dengesini temsil etmekte ve bir temel enerji sisteminin yük akışı eşitliklerinin kümesidir. Uygun sadeleştirmeler ve varsayımlar ile oldukça ayrıntılı ve yeterli doğrulukta bir elektrik güç sistem modeli elde edilebilmektedir. Etkili benzetim yazılım paketleri ile uzun zaman diliminde büyük elektrik güç sistemlerinin ve sistem dinamiklerinin eşitlikleri geliştirilebilmektedir. Çeşitli dinamik benzetim yöntemleri ile güç sisteminde olay sıralarının zaman ayarı tekrar oluşturulabilir ve sistemin kararlı olup olmadığının tanımlanması yapılabilmektedir.

Gerilim kararlılığı indeksinin (GKI) temel amacı, işletme noktasından sistemin gerilim kararlılığı sınır noktasına olan uzaklığı tahmin etmektir. Sayısal indeks yardım operatörleri, sistemin çökmeye ne kadar yakın olduğunu izlemekte ya da gerilim çökmesini önlemek için otomatik iyileştirme hareketini başlatmaktadır. Yakınsamanın zor olduğu güç akışı algoritmalarında jakoben matrisi indirgenerek “ J_R ” indirgenmiş matris yapısı elde edilir. Bu matris yapısı sistemin GKI değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Gerilim büyüklükleri ve reaktif güç ilişkilerinin değerlendirilmesinde ve sayısal hesaplama yükünün azaltılmasında indirgenmiş matris yapısı kullanılmaktadır. Eşitlik 10 ile baralara ait reaktif güç değişim miktarı GKI yardımıyla hesaplanabilmektedir. İndirgenmiş matrisin tekiliğine, matrisin minimum tekil değeri tarafından karar verilir ve tekil değer ayrışımı eşitlik 11 ile elde edilir. Eşitlik 11’deki u_i ve v_i sırasıyla U ve V ortogonal birim matrisinin i ’nci sütunlarıdır ve \sum matris, σ_i gibi köşegen değerlerle simetriktir ve matrisin bütün diğer elemanları sıfırdır. Eşitlik 10 ve 11’den eşitlik 12 ve 13 elde edilmektedir.

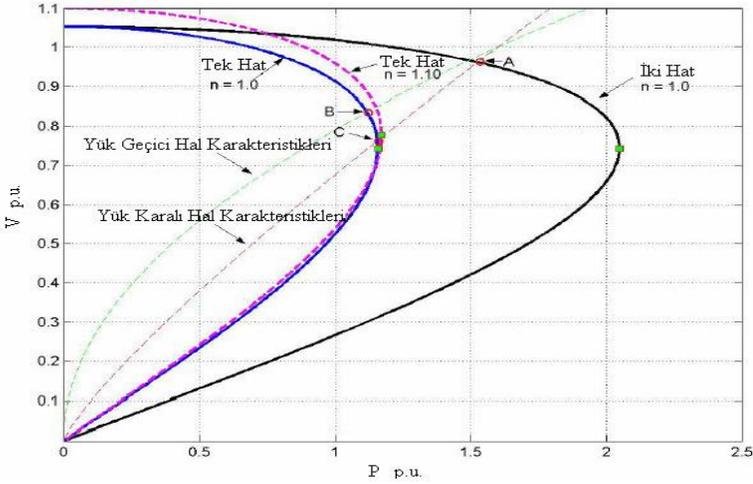
$$\Delta Q = \left[\frac{\partial Q}{\partial V} - \frac{\partial Q}{\partial \delta} \cdot \frac{\partial P^{-1}}{\partial \delta} \cdot \frac{\partial P}{\partial V} \right] \cdot \Delta V = J_R \cdot \Delta V \quad (10)$$

$$J = U \cdot \sum V^T = \sum_{i=1}^N u_i \cdot \sigma_i \cdot v_i^T \quad (11)$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta Q} = \sum_{i=1}^N \frac{\phi_r \cdot \gamma_i}{\lambda_i} \quad (12)$$

$$\frac{\Delta V_k}{\Delta Q_k} = \sum_{i=1}^N \frac{\phi_{rk} \cdot \gamma_{ik}}{\lambda_i} \quad (13)$$

Eşitliklerde, minimum öz değeri sıfır değerine yakın olarak seçilmekte ve gerilim - açı duyarlılık faktörünün işareti değiştirilmektedir. Bu durum gerilim koşullunun “kararsız” yapıda olduğunu göstermektedir. Her bir yük barasının P-V ve/veya Q-V değişim eğrileri incelenerek, eğrilerin çıkıntılarının üst kısmı boyunca P-V ve Q-V duyarlılık artışları gözlenmektedir. Teorik olarak ulaşılan çıkıntı noktasındaki sonsuzluk, sınır kararlılık noktasıdır ve statik gerilim analizi tarafından “Çatallaşma” noktası olarak isimlendirilmekte ve sıkça kontrol edilmektedir. Şekil 3’de güç sistemine ait çatallaşma noktası hal karakteristikleri gösterilmiştir.



Şekil 3. Güç sistemine ait çatallaşma noktası hal karakteristikleri

4. Gerilim Kararlılık İndeksinin (GKİ) Hesabı

Elektrik güç sistemlerinde gerilim kararlılığı indeksi “L” göstergesi ile isimlendirilir. Bu yöntem ile gerilim kararlılığı, sistemin çalışma noktası hesaplanmadan bulunabilmektedir. GKİ, eşitlik 14 ve 15’de gösterilen genel enerji sistemi eşitliklerine dayanmaktadır. Eşitlik 16’da ise, eşitlik 15’de gösterilen matristeki F_{LG} değişkeninin açık hali gösterilmiştir.

$$\begin{bmatrix} I_G \\ I_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{GG} & Y_{GL} \\ Y_{LG} & Y_{LL} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_G \\ V_L \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$\begin{bmatrix} V_G \\ V_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{LL} & F_{LG} \\ Z_{GL} & Y_{GG} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_L \\ V_G \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$F_{LG} = -Y_{LL}^{-1} Y_{LG} \quad (16)$$

Baralar, jeneratör barası ve jeneratör olmayan bara olmak üzere iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Bir tek yük barasındaki “L” göstergesi eşitlik 17’de gösterilmiştir. Eşitlik 17’deki a_G ifadesi jeneratör baralarının numarasıdır ve güç sistemindeki “L” göstergesinin hesabı eşitlik 18 ile hesaplanmaktadır.

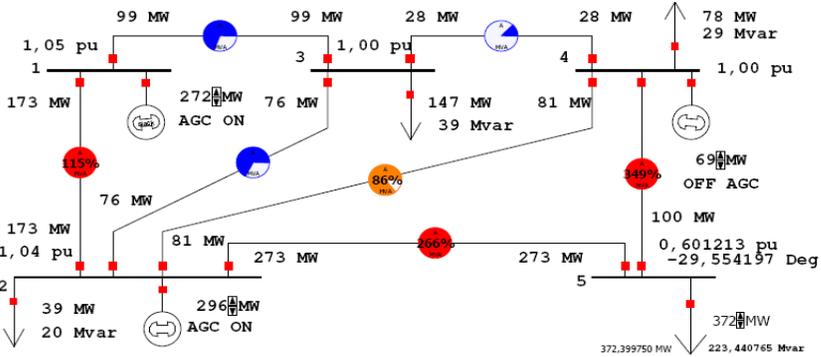
$$L_j = \left| 1 - \frac{\sum_{i=1}^{a_G} F_{ji} \cdot V_i}{V_j} \right| \quad (17)$$

$$L_{sys} = \text{MAX}_{aL} \{L_j\} \quad (18)$$

“L” gösterge değışimleri, sistem yüksüz (sıfır) ve sistem çökmeye anı (bir) aralıdır. Y matrisinin ihmal edilen gerçek kısmı tarafından basitleştirilmiş “L” göstergesi, gerilim çökmelerini önlemek amacıyla belirli bölgelerde kısa süreliğine elektriğin kesilmesi olarak ifade edilmektedir. “L” gösterge tüketimi, tek yük barasının güç akışı fizibilitesine dayalıdır. İki - baralı güç sisteminde, gösterge tarafından tahmin edilen gerilim çökme noktasının, güç akışı jakobien matrisinin tekil olduğu noktaya denk gelmektedir. “L” gösterge metodunun avantajı, GKİ'nin çok kolay hesaplanabilmesidir. Hesaplamalarda güç sisteminin Y matris bilgisine ve jeneratör bara gerilim değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, maksimum “L” göstergesi değerine karşılık gelen en büyük “L” göstergeli yük barası, gerilim çökmelerinde en çok darbe gören yük barası olarak tanımlanmaktadır.

5. Gerilim Kararlılık Sınırlarının Benzetim Sonuçları

Bu bölümde N baralı elektrik güç sistemini minimum düzeyde temsil etmek amacıyla, IEEE beş baralı örnek bir güç sistemi ele alınmıştır. Gerilim kararlılığı marjinlerinin sayısal olarak değerlendirilebilmesi amacıyla güç akışı yöntemlerini kullanarak analiz yapan “PowerWorld Simulator” yazılım programı kullanılmıştır. Şekil 4’de IEEE beş baralı örnek sistemin PowerWorld programındaki tek hat şeması görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 4. IEEE beş baralı örnek güç sisteminin tek hat şeması

Güç sisteminin sayısal çözümünde PTC Mathcad yazılım programı kullanılmıştır. Görünür güç baz değeri 100 MVA olarak kabul edilmiştir. Beş baralı sistemde, üçüncü ve beşinci baralar yük barası (P-Q bara),

ikinci ve dördüncü baralar üretim barası (P-V bara) ve birinci barada salınım barası (Slack-Bus) olarak ele alınmış, gerilim kararlılığı açısından beşinci bara incelenmiştir. PowerWorld programı ile beşinci baradaki yüke ait güç faktörü sabit tutularak güç değerleri kararsızlık noktasına kadar arttırılmış ve benzetim sonuçları kaydedilmiştir. Kaydedilen yerel bara (beşinci bara) parametreleri PTC Mathcad yazılım programındaki kestirim algoritmasına girilerek kestirimler yapılmış ve GKİ marjini belirlenmiştir. Tablo 1’de örnek sisteme ait hat parametreleri verilmiştir. Tablo 2’de örnek sisteme ait jeneratör ve yük değerleri verilmiştir.

Tablo 1. IEEE 5 baralı örnek güç sistemine ilişkin hat parametreleri

| Hat No | Baradan – Baraya p – q | Hat Empedansı R + jX | Şönt Admitansı G + jB |
|--------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | 1 – 3 | 0 + j 0,24 | 0 + j 0,05 |
| 2 | 1 – 2 | 0 + j 0,06 | 0 + j 0,50 |
| 3 | 2 – 3 | 0 + j 0,18 | 0 + j 0,04 |
| 4 | 2 – 4 | 0 + j 0,18 | 0 + j 0,04 |
| 5 | 2 – 5 | 0 + j 0,12 | 0 + j 0,03 |
| 6 | 3 – 4 | 0 + j 0,03 | 0 + j 0,02 |
| 7 | 4 – 5 | 0 + j 0,24 | 0 + j 0,05 |

Tablo 2. IEEE 5 baralı örnek güç sistemine ait jeneratör ve yük değerleri

| Bara No | Bara Tipi | Üretim | | Yük | | Gerilim Genliği V |
|---------|-----------|--------|-----------------------|--------|-----------------------|-----------------------|
| | | P (MW) | Q (MVA _r) | P (MW) | Q (MVA _r) | |
| 1 | Salınım | – | – | – | – | 1,05 |
| 2 | P – V | 296 | 503 | 39 | 20 | 1,04 |
| 3 | P – Q | – | – | 147 | 39 | 0,99 |
| 4 | P – V | 70 | 205 | 78 | 29 | 1,00 |
| 5 | P – Q | – | – | 374 | 224 | 0,59 |

Beş nolu yerel bara üzerinde yapılan ölçümler ve kestirimlerden, beş nolu bara arkasındaki güç sisteminin salınım barası nitelikli eşdeğer bir jeneratöre (E_{Th}) ve bir eşdeğer hat empedansına (Z_{Th}) dönüştüğü görülmüştür. Bu dönüşümde sistemin herhangi bir çalışma noktasında incelenen bara geriliminin açığı değeri, eşdeğer salınım jeneratörüne göre olan açığı değeri olacaktır. Salınım barası hariç olmak üzere, birden fazla sayıda jeneratörden beslenen sistemde, açılardaki farklılıklar, kendini

daha açık şekilde göstermektedir. Hedeflenen GKİ ve kararsızlık noktasını değerlendirsek, kestirim sonucu elde edilen bara gerilim açısı referansı kaymıştır. Eşdeğer devreden bulunan kritik değerler kendi içinde doğru olup, gerilim kararlılığı marjini açısından gerçek sistem ile tutarlı olduğu görülmüştür. Tablo 3’de PowerWorld programından elde edilen güç akışına ait benzetim sonuçları verilmiştir. Tablo 4’de ise Mathcad yazılım programından elde edilen kestirim sonuçları verilmiştir.

Tablo 3. Güç akışına ait benzetim sonuçları

| P_5 | Q_5 | S_5 | δ | V_5 |
|-------|-------|-------|----------|-------|
| 9,8 | 5,9 | 11,4 | - | 1,02 |
| | | 3 | 5,22994 | 469 |
| 10, | 6,5 | 12,5 | - | 1,02 |
| 8 | | 7 | 5,16049 | 423 |
| 31, | 18,8 | 36,5 | - | 1,01 |
| 4 | | 7 | 3,69221 | 409 |
| 70, | 42,3 | 82,2 | - | 0,99 |
| 6 | | 9 | 0,93156 | 341 |
| 100 | 60,6 | 117, | 0,963 | 0,97 |
| ,9 | | 72 | 93 | 594 |
| 200 | 120, | 234, | 7,838 | 0,90 |
| ,9 | 5 | 29 | 02 | 652 |
| 301 | 181, | 352, | 16,55 | 0,80 |
| ,8 | 1 | 00 | 610 | 145 |
| 351 | 211, | 410, | 23,09 | 0,70 |
| ,8 | 1 | 29 | 186 | 830 |
| 369 | 221, | 431, | 27,67 | 0,63 |
| ,9 | 9 | 32 | 563 | 410 |
| 370 | 222, | 432, | 28,05 | 0,62 |
| ,6 | 4 | 23 | 520 | 731 |
| 372 | 223, | 434, | 30,16 | 0,59 |
| ,8 | 7 | 75 | 924 | 085 |

Tablo 4. Mathcad programından elde edilen kestirim sonuçları

| E_{Th} | Z_{Th} | δ | V_5 kritik | GKİ |
|----------|----------|----------|-----------------|------|
| 1,02 | 0,08 | 0,420 | 0,514 | 1,00 |
| 932 | 112 | 37 | 66 | 00 |
| 1,02 | 0,08 | 0,432 | 0,514 | 0,98 |
| 939 | 116 | 04 | 71 | 99 |
| 1,02 | 0,08 | 1,371 | 0,514 | 0,96 |
| 966 | 229 | 24 | 98 | 92 |
| 1,03 | 0,08 | 3,270 | 0,516 | 0,92 |
| 091 | 400 | 04 | 30 | 41 |

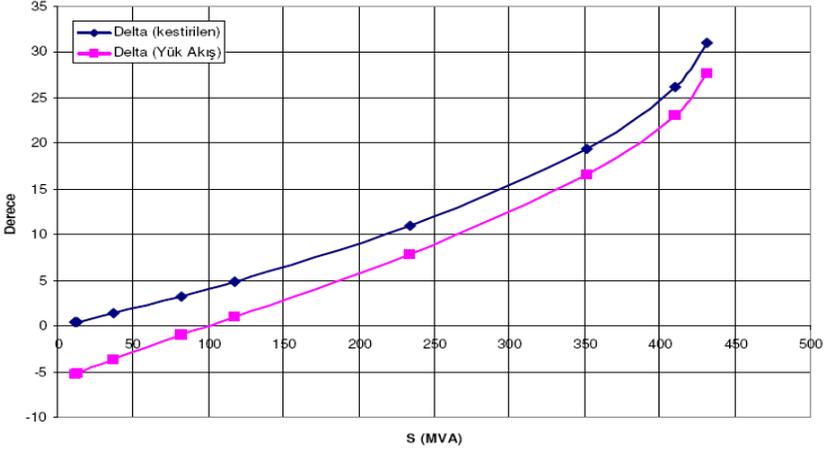
| | | | | |
|------|------|-------|-------|--------|
| 1,03 | 0,08 | 4,887 | 0,518 | 0,88 |
| 309 | 598 | 03 | 43 | 25 |
| 1,04 | 0,09 | 10,95 | 0,532 | 0,70 |
| 567 | 022 | 913 | 55 | 22 |
| 1,07 | 0,09 | 19,34 | 0,571 | 0,40 |
| 797 | 530 | 702 | 24 | 30 |
| 1,12 | 0,10 | 26,13 | 0,625 | 0,13 |
| 240 | 019 | 167 | 09 | 31 |
| 1,16 | 0,10 | 31,03 | 0,679 | - |
| 421 | 356 | 501 | 36 | 0,0066 |
| 1,15 | 0,10 | 31,11 | 0,676 | - |
| 841 | 233 | 765 | 55 | 0,0728 |
| 1,15 | 0,10 | 32,61 | 0,688 | - |
| 920 | 092 | 622 | 10 | 0,0141 |

Şekil 5’de IEEE beş baralı örnek güç sisteminin PTC Mathcad yazılım programındaki kestirme yöntemiyle bulunan yük açıları değişim grafiği ve PowerWorld programı yardımıyla elde edilen güç akışı sonucundaki yük açıları değişim grafiği birlikte gösterilmiştir. Şekil 6’da IEEE beş baralı örnek güç sisteminin ölçülen ve kestirilen anlık bara gerilim değerlerinin yüke göre değişim grafiği gösterilmiştir. Şekil 7’de IEEE beş baralı örnek güç sistemine ilişkin GKİ’nin değişim grafiği gösterilmiştir.

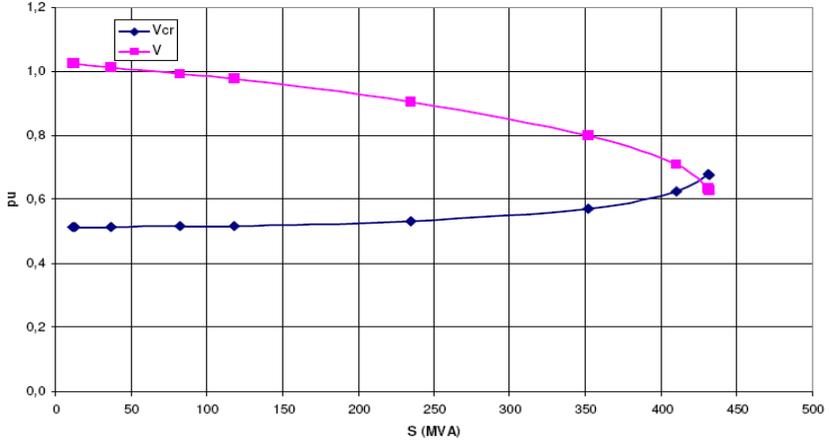
Benzetim sonuçlarından da görüleceği üzere, elde edilen gerilim kararlılığı aralığının belirlenmesinde kullanılacak en kolay yöntem, maksimum güç aktarımı vasıtasıyla kullanılan GKİ yöntemidir. GKİ’nin sıfır değerine yaklaşması, güç sisteminin gerilim kararsızlığı sınırına yaklaşması anlamına gelmektedir. IEEE beş baralı örnek elektrik güç sisteminde güç akışı yöntemiyle yapılan analiz sonucunda güç sistemi 434,75 MVA değerinde gerilim kararsızlığına girmiştir. Kestirim sonucundaki GKİ değerlendirmesinde ise, gerilim kararsızlığının 431,32 MVA değerinden sonra oluştuğu tespit edilmiştir. Bu durumda güç akışı yönteminin doğru sonuç verdiği kabul edilirse;

$$\frac{431,32 - 434,75}{434,75} \cdot 100 = \% -0,789$$

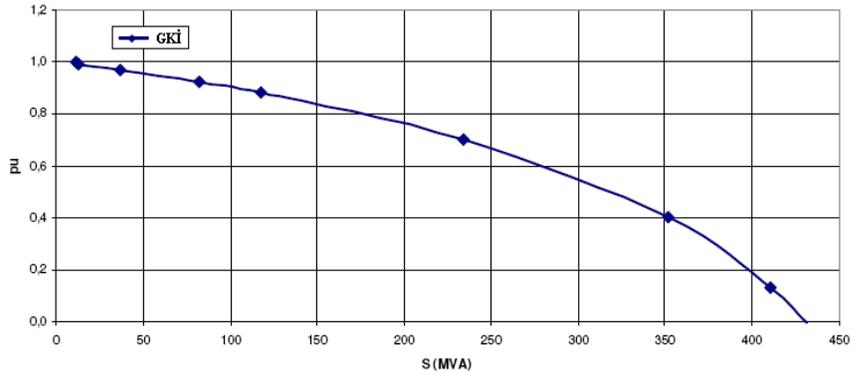
hata oluştuğu bulunur. Hatanın negatif ve çok küçük olması nedeniyle, elde edilen GKİ’nin daha temkinli (imtiyazlı) olduğu görülmektedir.



Şekil 5. IEEE beş baralı güç sistemindeki kestirilen ve güç akışı ile bulunan yük açıları değişim grafiği



Şekil 6. IEEE beş baralı güç sistemine ilişkin kestirilen anlık kritik gerilim değerinin ve ölçülen gerilim değerinin yüke göre değişim grafiği



Şekil 7. IEEE beş baralı güç sistemine ilişkin GKİ'nin değişim grafiği

6. Sonuçlar

Bu çalışmada, n baralı bir elektrik güç sistemi tek kapılı bir Thevenin eşdeğer devresine dönüştürülerek gerilim kararlılığı sınırlarının gerçek zamanlı olarak incelenebilmesi için yeni bir kestirim yöntemi geliştirilmiştir. Elektrik güç sisteminde maksimum güç transferi anındaki parametreler arasında ilişkileri tanımlayan bir maksimum transfer güç fazör diyagramı kullanılmıştır. Bu fazör diyagramın değerlendirilmesi ile gerilim kararsızlığına neden olacak kritik parametreler belirlenmiştir. Çalışmada, gerilim kararlılığının gerçek zamanlı değerlendirilmesinin kolayca yapılabileceği bir GKİ tanımlanmıştır. Parametre kestiriminde kullanılmak üzere oluşturulabilecek denklem setlerinin, sistem parametrelerine duyarlı olduğu saptanmıştır. Bazı setlerin kapasitif güç faktörlerinde doğru sonuçlar verdiği, bazılarının ise sabit yük açısında doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Klasik güç akışı yöntemleri tüm baralardaki bazı parametrelerin bilinmesi ve diğerlerinin bilgisayar destekli analizini gerektirmektedir. Özellikle gerilim kararsızlığı çalışmalarında yakın noktalarda yakınsama sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada kararlılık değerlendirmesi yapabilmek için k. yerel baradan alınacak P_k , Q_k , ve I_k ölçümleri almak yeterli olmaktadır. Toplanacak bilgilerin azlığı ve işlem yükü açısından bakıldığında, önerilen kestirim ve değerlendirme yöntemi büyük kolaylık sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

Alzahawi, T., Sachdev, M.S., Ramakrishna, G. (2005). A Special Protection Scheme for Voltage Stability Prevention. In Proceedings of IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 1-4 May 2005, Saskatoon, Canada, pp. 37-42.

Aydın, F., Uyaroğlu, Y., Yalçın, M.A. (2009). Enerji İletim Sistemlerinde Seri Kapasitörlerin Gerilim Kararlılığı Açısından Sistem Büyümelerine Etkileri. 3. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, 21-22 Mayıs 2009, Kocaeli, Türkiye, sf. 47-51.

Cigre Task Force 38-02-12. (1994). Criteria and Countermeasures for Voltage Collapse, CIGRE Publication, pp. 134-138.

Crow, M.L. (2002). Computational Methods for Electric Power Systems. CRC Press Taylor & Francis Group, First Edition, 23 December 2002.

Cutsem, V.T., Vournas, C. (1998). Voltage Stability of Electric Power Systems. Kluwer Academic Publishers, 31 March 1998.

Çiftçi, A., Hocoğlu, A.T., Uyaroğlu, Y., Yalçın, M.A. (2011). Enerji Fonksiyonu Analizi ile Gerilim Kararlılığı İncelemesi. 4. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, 12-13 Mayıs 2011, Kocaeli, Türkiye, sf. 134-138.

Deveraj, D., Jeevajyothi, R. (2011). Impact of Wind Turbine Systems on Power System Voltage Stability. IEEE International

Conference on Computer Communication and Electrical Technology, 18-19 March 2011, Tamilnadu, pp. 411-416.

Ertay, M.M., Aydoğmuş, Z. (2010). Statcom ile Bir Enerji İletim Sisteminde Gerilim Kontrolü. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı: 21, Nisan 2010, sf. 91-105.

Huang, Y. (2014). Electricity Distribution Network Planning Considering Distributed Generation. KTH School of Electrical Engineering, MSc Thesis, Stockholm University, Sweden.

Kundur, P. (1994). Power System Stability and Control. EPRI Power System Engineering Series, McGraw Hill, First Edition, 01 January 1994.

Küçüktezcan, F. (2008). Genetik Algoritma ile Optimize Edilmiş Bulanık Güç Sistemi Kararlı Kılıcısının Sistem Kararlılığına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Li, F., Song, J., Wang, M. (2011). A Study on Statcom for Voltage Stability of Wind Power System. IEEE International Conference on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer, 19-22 August 2011, Jilin, China, pp. 85-88.

Pamuk, N., Uyaroğlu, Y. (2011). Comparison the 154 and 380 kV Transmission System Network of Northwest Anatolia by Making Power Flow Emulation with Constraint Analysis in Turkey. Scientific Research and Essays, Vol. 6, Issue. 2, pp. 469-478.

Tamura, Y., Mori, H., Iwamoto, S. (1989). Current Issues in the Analysis of Voltage Instability Phenomena. Proc. Bulk Power System Phenomena – Voltage Stability and Security. EPRI Power System Engineering Series, McGraw Hill, 01 January 1989, pp. 5-39.

Taylor, C.W. (1994). Power System Voltage Stability. EPRI Power System Engineering Series, McGraw Hill, 01 January 1994.

Yalçın, M.A. (1995). Enerji İletim Sistemlerinde Gerilim Kararlılığının Yeni Bir Yaklaşımla İncelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Yalçınöz, T., Altun, H., Karadal, H. (2004). Farklı Topolojiye Sahip MLP Yapay Sinir Ağları ile Enerji Sistemlerinde Gerilim Kararlılığı Analizi. Uluslararası Yapay Zekâ ve Yapay Sinir Ağları Türk Sempozyumu, 10-11 Haziran 2004, İzmir, Türkiye, sf. 547-554.

CONTRACEPTIVE METHOD CHOICE BY DATA MINING AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK APPROACHES

Erçin Özcan

¹Çukurova University, Dept. of Electrical-Electronic Engineering, 01330, Adana, Turkey, e-mail: ozcane@cu.edu.tr,

Abstract: Classification, clustering and estimation methods in the field of health are important for health planning. The relationship between health outcomes and inflows shows the health problems that need to be addressed. Birth control and pregnancy planning is also an important issue in the field of health. In the study, a dataset of the National Indonesia Contraceptive Prevalence Survey was used. The data are categorized by Weka data mining program and artificial neural networks. The results show that data mining is better than artificial neural networks.

Keywords: Pregnancy planning, artificial neural network, data mining.

1. INTRODUCTION

Planning in health systems is important for current and future generations. Good planning protects the health level of the community and ensures the correct use of health resources. Statistical studies on health are the building blocks of planning. Classification, clustering and estimation methods have long been used in the field of health. Artificial neural networks are a commonly used method of estimation. In the method inspired by the human brain, there are applications such as classification and clustering besides estimation. Data mining is also often preferred in analysing data.

In this study, an analysis is provided for birth control. This study is first combined with both the data mining and artificial neural network for a case study. Both of the methods are compared with each other. The results may guide the other health problems.

There are some studies in the health sector for machine learning. (Nair et al., 2018; Bini, 2018; Seligman et al., 2018; Bzdok and Meyer-Lindenberg, 2018; Crown, 2015; Tenev et al., 2014). Artificial neural network used in the healthcare literature is common (Patel and Goyal, 2007; Dreiseitl and Ohno-Machado, 2002; Acharya et al., 2003; Gholipour et al., 2015; Lisboa and Taktak, 2006; Ball et al., 2002; Güler et al., 2005; Amato et al., 2013; Vuckovic et al., 2002; Kumar and Anand, 2014).

2. MATERIAL- METHOD

Data is used for the selection of the appropriate method for providing contraception, which is an important issue in the field of health. This yield will be directed towards finding out which method class is in place by giving some characteristics for married women (non-pregnant) birth control. The source and properties of our data set are described below in Table 1 and data statistic is in Figure 1:

Table 1. The source and properties of our data

| | | | | | |
|--|---------------|-----------------------|------|---------------------|------------|
| Data characteristics | Multi variety | count | 1473 | area | Life |
| Variable characteristics | Categorical | variable | 9 | date | 1997-07-07 |
| Related task | Classifying | Missing values | No | Click on web | 67421 |
| 1. Title: Contraceptive Method Choice | | | | | |
| 2. Sources: (a) Origin: This dataset is a subset of the 1987 National Indonesia Contraceptive Prevalence Survey | | | | | |
| 4. Relevant Information: This dataset is a subset of the 1987 National Indonesia Contraceptive Prevalence Survey. The samples are married women who were either not pregnant or do not know if they were at the time of interview. The problem is to predict the current contraceptive method choice (no use, long-term methods, or short-term methods) of a woman based on her demographic and socio-economic characteristics. | | | | | |
| 5. Number of Instances: 1473 | | | | | |
| 6. Number of Attributes: 10 (including the class attribute) | | | | | |
| 7. Attribute Information: | | | | | |
| 1. Wife's age (numerical) | | | | | |
| 2. Wife's education (categorical) 1=low, 2, 3, 4=high | | | | | |
| 3. Husband's education (categorical) 1=low, 2, 3, 4=high | | | | | |
| 4. Number of children ever born (numerical) | | | | | |
| 5. Wife's religion (binary) 0=Non-Islam, 1=Islam | | | | | |
| 6. Wife's now working? (binary) 0=Yes, 1=No | | | | | |
| 7. Husband's occupation (categorical) 1, 2, 3, 4 | | | | | |
| 8. Standard-of-living index (categorical) 1=low, 2, 3, 4=high | | | | | |
| 9. Media exposure (binary) 0=Good, 1=Not good | | | | | |
| 10. Contraceptive method used (class attribute) | | | | | |
| 0=Long-term | | | | | |
| 1=Short-term | | | | | |

8. Missing Attribute Values: None

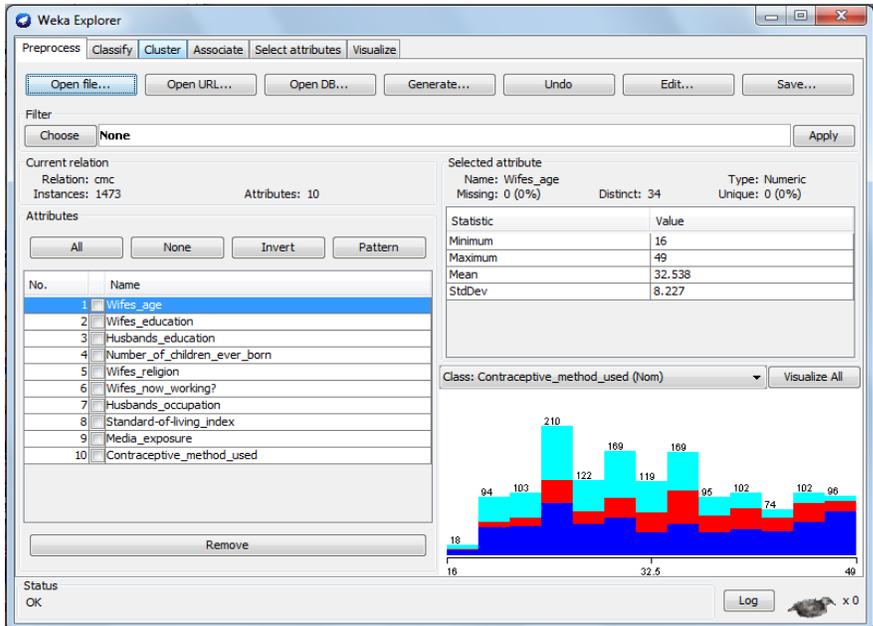


Figure 1. Data statistics

1. RESULTS

Both of the data mining approach and the artificial neural network are used for the classifying. Data mining is examined with two approaches. Firstly, Classify area is used. By selecting “trees” – “J48” algorithm, classifier output is in Figure 2.

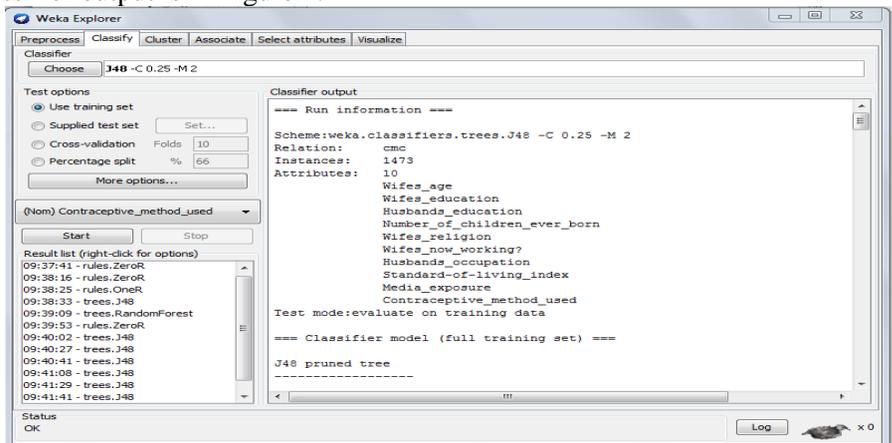


Figure 2. Classifier output screenshot

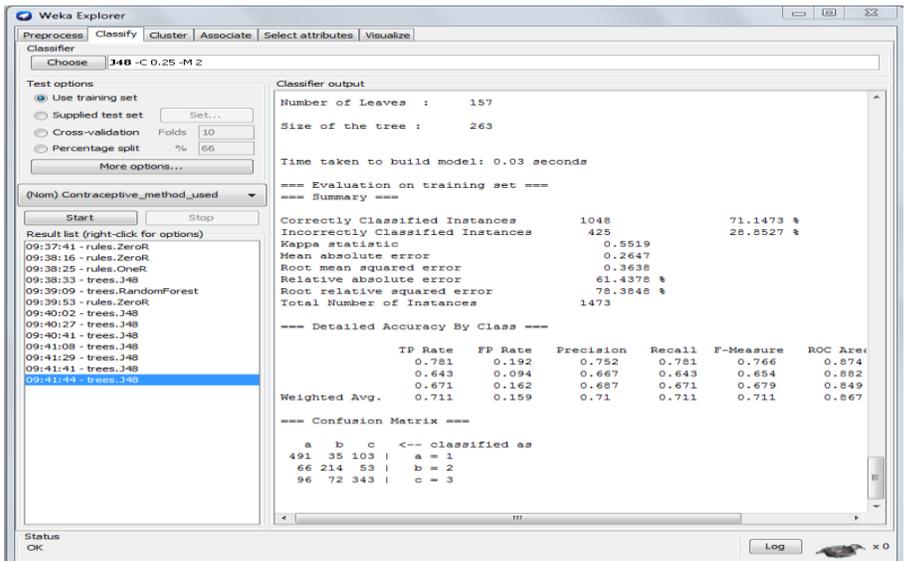


Figure 3. Classifier results

As Figure 3;

Number of Leaves: 157

Size of the three: 263

Correctly classified instances: 1048

Kappa statistic: 0.5519

Count: 1473

The confusion matrix shows the count's correct or incorrect location.. Example; 35 values are shown in b instead of a, and 103 values to c.

Kappa is indicator. Correct classifying is %100. Our statistic is 0.5519, $0.5519 < 0.65$ that shows the value is low.

By (Knowledge Flow) the processes are repeated shown in Figure 4.

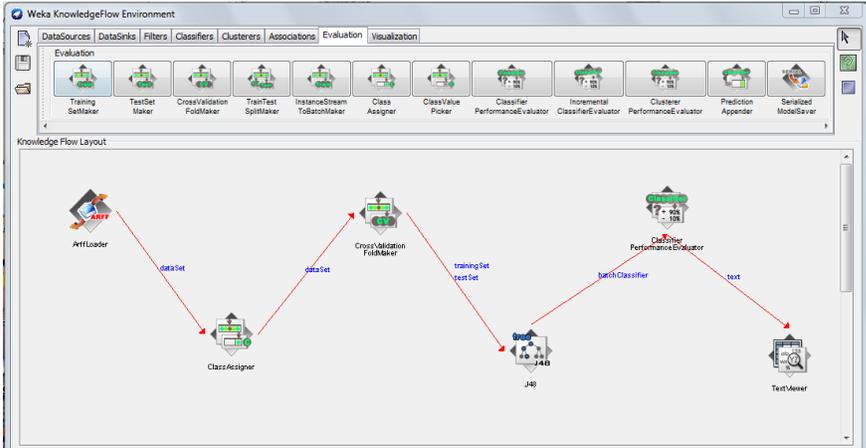


Figure 4. Knowledge Flow Environment

Comparing two approaches, two results are shown in Figure 5:

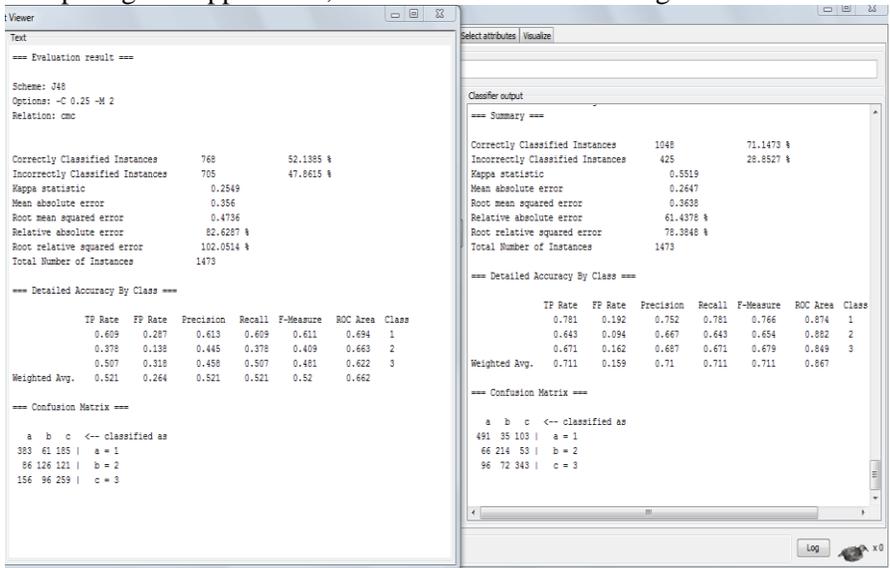


Figure 5. Compare of the Classify Environment and Knowledge Flow Environment

According to Figure 5;

Correctly classified instances: 768

Kappa: 0.2549

Count: 1473.

Kappa value $0.2549 < 0.65$ is lower than the other by Classify.



Figure 6. Confusion matrix results

The third approach is artificial neural network pattern recognition. Confusion Matrix's are shown in Figure 6. Red colours Show the incorrect percentage, and the green colours Show the correct percentage. Percentages provide that classifying process is not good for the instances.

3.CONCLUSION

Pregnancy planning has gained importance nowadays and the effect management is very important. Because of the births undemand most babies die or injured. Preventing these situations, analysis of the past data and planning the future is critical. In this study, artificial neural network and data mining approaches are used for pregnancy planning. Classifying methods are used for the control methods. Confusion matrixes give results and according to these values, Weka data mining approach gives better results than the artificial neural network.

REFERENCES

Acharya, UR, Bhat, PS, Iyengar SS, Rao, A, Dua, S. 2003. Classification of heart rate data using artificial neural network and fuzzy equivalence relation Pattern Recognition 36 (2003) 61 – 68.

Amato, F. L. A., Peña-Méndez E. M., et al., 2013. Artificial Neural Networks in Medical Diagnosis, Journal of Applied Biomedicine 11(2), 47–58.

Aravind A. and Anand Kumar, Dr. M., 2014. “Machine learning approach for correcting preposition errors using SVD features”, in Proceedings of the 2014 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2014.

Ball, G, Mian S, Holding F, Allibone RO, Lowe J, Ali S, Li G, McCardle S. Ellis IO, Creaser C, Rees R.. 2002. An integrated approach utilizing artificial neural networks and SELDI mass spectrometry for the classification of human tumours and rapid identification of potential biomarkers. Bioinformatics, Volume 18, Issue 3, Pages 395–404.

Bini, SA. 2018. Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning, and Cognitive Computing: what do these terms mean and how will they impact health care? The Journal of Arthroplasty. In Press.

Bzdok, D., Meyer-Lindenberg, A., 2018. Machine learning for precision psychiatry: Opportunities and challenges. Biological Psychiatry: CNNI, in press.

Gholipour C , Rahim F , Fakhree A , Ziapour B. 2015. Using an Artificial Neural Networks (ANNs) Model for Prediction of Intensive Care Unit (ICU) Outcome and Length of Stay at Hospital in Traumatic Patients, Journal of Clinical and Diagnostic Research. Vol-9(4): OC19-OC23.

Dreiseitl S1, Ohno-Machado L. 2002. Logistic regression and artificial neural network classification models: a methodology review, J Biomed Inform. 2002 Oct-Dec;35(5-6):352-9.

Güler, NF, Übeyli, ED, Güler, İ. 2005. Recurrent neural networks employing Lyapunov exponents for EEG signals classification. Expert Systems with Applications. 29, 506-514.

Lisboaa, PJ, Taktak, AFG. 2006. The use of artificial neural networks in decision support in cancer: A systematic review. Neural Networks, Volume 19, Issue 4, Pages 408-415.

Nair LR, Shetty, SD, Shetty, SD. 2018. Applying spark based machine learning model on streaming big data for health status prediction, Computers & Electrical Engineering, Volume 65, Pages 393-399.

Patel JL, Goyal RK. 2007. Applications of artificial neural networks in medical science. Curr Clin Pharmacol. 2(3):217–26.

Seligman B, Tuljapurkar, S. Rehkop D. 2018. Machine learning approaches to the social determinants of health in the health and retirement study. *SSM - Population Health*, Volume 4, April 2018, Pages 95-99.

Tenev, A., Markovska-Simoska, S. L., Kocarev, J. Pop-Jordanov, A. Müller, and G. Candrian, 2014. Machine Learning Approach for Classification of ADHD Adults,” *Int J Psychophysiol*, vol. 93, no. 1, pp. 162–166.

Vuckovic A, Radivojevic V, Chen ACN, Popovic D. 2002. Automatic recognition of alertness and drowsiness from EEG by an artificial neural network. *Med Eng Phys*;24:349–60.

POLİÜRETAN TABAN ATIĞI AGREGALI BETONLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

**Meltem Ataseve, Umur Korkut Sevim, Müzeyyen Balçıklı,
Murat Öztürk**

Öz: Yapılaşmanın gün geçtikçe artması yapı malzemelerine olan ihtiyacı arttırmaktadır. Türkiye ve Dünyada temel yapı malzemesi olarak en yaygın şekilde beton kullanılmaktadır. Bu yaygın kullanım betonla ilgili teknik özellikler, ekonomik çözümler ve çevre korunması kapsamındaki çalışmalarını yoğunlaştırmaktadır. Bu bağlamda sanayide oluşan atık ve yan ürünlerin betonda mevcut özellikleri korumak veya iyileştirmek kaydıyla çeşitli amaçlarla kullanılması önemli bir hedef olarak ortaya çıkmaktadır. Yeni malzeme üretiminde gerekli olan performansın elde edilmesinin yanı sıra ekonominin ve çevre sağlığının da korunması ihtiyaç haline gelmiştir. Betonun önemli bileşenlerinden olan agregaya yaklaşık olarak beton hacminin % 70'ini oluşturmaktadır. Türkiye'de beton üretiminde kullanılan agregaların büyük kısmı taş ocaklarından elde edilmektedir. Bundan dolayı ciddi manada doğal kaynak tüketimi oluşabilmektedir. Sadece beton üretiminde değil diğer sektörlerden açığa çıkan atık malzemeler de çevresel sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle çevresel sorunlara neden olan her bileşen birbiri içinde bertaraf edilerek doğa için büyük katkı sağlanacaktır. Böyle bir ihtiyaçtan yola çıkılarak Antakya Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren Alkan Taban Fabrikası'nda ayakkabı tabanı üretimi sırasında ortaya çıkan Poliüretan esaslı Taban Atığı (PTA)'nın beton üretiminde agregaya yerine kullanılmasının mümkün olup olmadığı araştırılmıştır. Bu çalışmada PTA agregaya ile hacimce %0, %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında ikame edilerek, su/çimento oranı 0,4 olan 450 kg/m³ çimento dozajına sahip 6 farklı beton karışımı üretilerek deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Üretildikten bir gün sonra kalıptan çıkarılan numuneler, 28 gün suda kür edildikten sonra teste tabi tutulmuştur. PTA'nın agregaya yerine kullanılması ile üretilen beton numuneler üzerinde Basınç Dayanımı, Eğilme Dayanımı, Yarımada Çekme Dayanımı, Test Çekici ve Ultrasonik Ses Hızı deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları incelendiğinde PTA'nın betonda agregaya yerine hacimce %10 mertebesine kadar kullanılabilceği, bu durumda betonun mekanik parametrelerinin çok fazla değişmediği tespit edilmiştir. Atıl durumda olan bu malzeme beton üretiminde kullanılarak hem ekonomiye kazandırılmış olacaktır, hem de bir nebze de olsa doğal kaynakların kullanılmasının önüne geçilebilecektir.

1. Giriş

Beton Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de en çok kullanılan yapı malzemesidir. Bu yaygın kullanım beton parametrelerinin iyileştirilmesi, bunu sağlarken ekonomik betonun da göz ardı edilmemesi ve aynı zamanda çevre sorunlarını arttırmaması yönünde çalışmalarını yoğunlaştırmaktadır. Bu bağlamda beton özelliklerini olumsuz etkilememek kaydıyla sanayide oluşan atık ve yan ürünlerin beton içerisinde çeşitli amaçlarla kullanılması önemli bir hedef olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sayede beton hem kabul edilebilir sınırlarda kalan bir kalitede üretilip hem de çevreye zarar verebilecek atıkların yararlı birer beton bileşenine dönüşmesi sağlanacaktır. Aynı zamanda bu atık

maddeler beton içerisinde kullanılan doğal kaynaklar yerine ikame edileceği için doğal kaynak tüketiminin ve bu esnada ihtiyaç olan enerjinin de azaltılmasını sağlarlar. Bu çalışmada Alkan Taban Fabrikası'ndan temin edilen, ayakkabı tabanı üretimi sırasında oluşan Poliüretan Taban Atığı malzemesi iri agrega yerine çeşitli oranlarda kullanılarak üretilen betonların mekanik özelliklerini incelemek amaçlanmıştır. Alkan Taban Fabrikası Antakya Organize Sanayi bölgesinde bulunan Alkan Taban Fabrikası 1975 yılında kurulmuş olup, 2000m²'lik tesisiyle ayakkabı ve taban sektörüne hizmet vermektedir. Tesiste Poliüretan, Termo ve TPU taban üretimi yapılmaktadır. Tesiste Poliüretan Tabanlar üretilirken yılda yaklaşık 70 ton atık ürün meydana gelmekte olup çalışmamızın konusu bu ürünü agrega şeklinde kullanarak betonun ham madde sorununa bir nebze de olsa çözüm arayışı içinde olmak ve bu atık malzemenin değerlendirilmesidir.

Poliüretanlar, yapılarında üretan grubu (-NH-CO-O-) içeren polimerlerdir.[1] Poliüretanlar yüksek mekanik mukavemete ve mükemmel esnekliğe sahiptir. Bu polimerler, kontrol edilebilir sertliğe sahip malzemelerdir. Uygulama alanına göre, rijit ve dayanıklı poliüretanlar ya da yumuşak ve esnek poliüretanlar sentezlemek mümkündür. Poliüretanlar, yumuşak ve sert kısımlardan oluşan blok kopolimerlerdir. Poliollerden oluşan yumuşak kısımlar, poliüretana elastomerik özellik kazandırır. Diizosiyanatların oluşturduğu sert kısımlar ise mekanik özelliklerinden sorumludur. Poliüretanlar diğer elastomerlerle kıyaslandığında yüksek bükülebilme ile ses yalıtım özelliğine, darbe dayanımına, aşınma direncine sahiptirler.[2,3] En önemli özelliklerinden biri de üstün yapışma kabiliyetleridir. Elektriksel olarak yalıtkan, sıcağa ve soğuğa karşı dayanıklı malzemelerdir. Ayrıca, kimyasal direnci yüksek malzemelerdir; aşınmaya, seyreltik asitlere, atmosfer şartlarına ve organik çözücülere karşı dayanıklıdırlar [1,3,4]. Birçok alanda geniş kullanıma sahip bu malzemelerle hazırlanan kompozitler oldukça fazla uygulama alanına sahiptir. Yapı, Otomotiv, Tekstil, Sağlık bunlardan birkaçıdır. Poliüretanların belirtilen pozitif özelliklerinden yola çıkılarak bu çalışmada ayakkabı taban malzemesinin ham maddesi olan poliüretanların beton içerisinde agrega olarak kullanılması düşüncesi ortaya çıkmıştır. Bu düşünce hem doğal kaynak olan kırma taş agregaların kullanılmasını kısıtlayacak hem de atıl durumda olan Poliüretan Taban Atığı (PTA) çevreye zarar vermeden değerlendirilebilecektir. Bu bağlamda birçok deneysel çalışma gerçekleştirilmiş olup çoğu (PTA) ile benzer özellikler gösteren lastik ve kauçuk atıkların agrega yerine kullanılması yönünde olmuştur. A.Sofî (2017)[5] çalışmasında atık araba lastiklerini hem agrega hem de ince öğütülerek çimento dolgu maddesi olarak kullanmış. Dolgu malzemesi olarak kullanılan set başta olmak üzere her iki sette de basınç dayanımlarında düşüşler meydana gelmiş olup atık lastiğin en kabul

edilebilir ikame oranının ince agreganın hacimce %12.5'ü olduğunu saptamıştır. Ayrıca lastik agregalı betonlarda aşınma direnci kontrol karışımından daha yüksek bir değer gösterdiği için bu betonların gevrek göçmenin ve çatlakların oluşma ihtimalinin daha çok olduğu kaldırımlarda, zeminlerde ve beton yollarda, hidrolik yapılarda, tünellerde, baraj dolu savaklarında uygulanabilir olduğunu belirtmiştir.

Girskas ve Nagrockiene (2017) [6] deneysel çalışmalarında kırıntı lastik agregayı ince agregayla %5 ila %20 oranlarında yer değiştirmiş, basınç dayanımında %61,3-68 oranında düşüş gözlemlemişlerdir. Bunun yanı sıra kırıntı lastik kullanımının birbiriyle bağlantılı boşlukları elimine ederek homojenliği artırdığını saptamışlardır.

Thomas ve Gupta (2015) [7] çalışmalarında hurda lastiği %2,5 'luk katlar halinde %0-%20 'ye kadar ince agregayla yer değiştirmiştir.

Basınç, eğilme, çekme, basınçlı su geçirimsizliği deneyleri yapılmış ve Basınç, eğilme, çekme ve basınçlı su geçirimsizliği deneyleri değerlerinin kontrol betona göre kötüleştiği, aşınma ve su emme değerlerinin %10 hurda lastik kullanımına kadar kontrol betondan daha iyi değerler verdiğini gözlemlemişlerdir.

Thomas ve ark (2016) [8] atık kauçuk agreganın kullanıldığı betonların aşınma direncinin arttığını böylelikle kaldırım taşlarında ve beton yollarda kullanılmasının uygun olabileceğini belirtmiştir.

Bu deneysel çalışmada PTA agrega ile hacimce %0, %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında ikame edilerek, su/çimento oranı 0,4 olan 450 kg/m³ çimento dozajına sahip 6 farklı beton karışımı üretilmiştir. Üretimden bir gün sonra kalıptan çıkarılan numuneler, 28 gün 22(+)-2 C° suda kür edildikten sonra teste tabi tutulmuştur. PTA'nın agrega yerine kullanılması ile üretilen beton numuneler üzerinde Basınç Dayanımı, Eğilme Dayanımı, Yarmada Çekme Dayanımı, Test Çekici ve Ultrasonik Ses Hızı deneyleri yapılarak PTA'nın betonun mekanik özelliklerini nasıl etkilediği araştırılmıştır.

A. 2. *Materyal ve Metod*

B. 2.1. *Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri*

C. 2.1.1. *Çimento*

Bu çalışmada kullanılan çimento, normal (CEM I 42,5 R) Portland çimentosu olup, Kahramanmaraş Çimento Sanayi tarafından üretilmiştir. Çimentonun kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Çimentonun özgül ağırlığı 3,15 gr/cm³ olup Blaine özgül yüzeyi ise 3880 cm²/gr dir. Çimento Kimyasal Analiz Sonuçları Tablo1'de verilmiştir.

Tablo1. Çimento Kimyasal Analiz Sonuçları

| | Al | | M | | N | | Kızdırm | | | | | |
|----------|-------------------|-----------------|--------------------------------|------------------|------|-----|-------------------------------|-----|------------------|---------|-------------------|-------------|
| Oksitler | Si O ₂ | ₃ 2O | Fe ₂ O ₃ | S O ₃ | Ca O | g O | B ₂ O ₃ | a O | K ₂ O | a Kaybı | Çözünme z Kalıntı | Serbest CaO |
| CE | 19. | 5.3 | 4.1 | 2. | 62. | 0. | -- | 0. | 0. | | | |
| MI | 55 | 1 | 5 | 48 | 30 | 85 | --- | 36 | 88 | 2.0 | 0.40 | 0.31 |

D. 2.1.2.Agrega

Çalışmada 0-4 mm ve 4-11mm olan doğal kırma taş agrega ve maksimum tane çapı 11 mm olan PTA kullanılmıştır. 0-4mm, 4-11mm ve PTA agregalarının kuru yüzey doygun özgül ağırlıkları sırasıyla 2,5 ve 2,5 ve 0,95 gr/cm³ ve su emme kapasiteleri ise sırasıyla %2, %2,3, % 23'tür.

E. 2.1.3.Su

Çalışmada İskenderun şebeke suyu kullanılmıştır. Beton karışım ve kür suyu TS EN 1003 [9]'e uygun olarak kullanılmıştır.

F. 2.1.4.Su azaltıcı katkı

Üretilen betonların kıvam değerlerini (slump) aynı seviyede tutmak için kullanılan akışkanlaştırıcı katkı malzemesi BASF firması tarafından üretilen Glenium 51 yüksek oranda su azaltıcı sınıfındadır. Süper akışkanlaştırıcı katkı (SAK) malzemesinin özellikleri Tablo2'de verilmiştir.

Tablo2. Akışkanlaştırıcı katkının Özellikleri

| | |
|----------------------------------|-----------------|
| Malzemenin Yapısı Eter Esaslı | Polikarboksilik |
| Renk | Opak |
| Yoğunluk kg/lt | 1,063 – 1,103 |
| Klor İçeriği | <0,1 |
| Alkali İçeriği | <3 |

G. 2.2 Karışım Tasarımı

Bu çalışmada sabit su/çimento oranına (0,4) ve 450 kg çimento dozajına sahip 6 farklı karışım tasarlanmıştır. Her karışımında PTA 4-11mm agrega ile hacimce %0, 5, 10, 15,20 ve 25 oranlarında yer değiştirilerek beton üretimi yapılmıştır. Üretilen betonlara ait tasarım parametreleri 1m³ için Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo3. 1 m³ için beton tasarımı

| Karışım No | s/ç | Çimento (kg) | Su (kg) | 0-4mm(kg) | 4-11mm(kg) | PTA(kg) | SAK (%) |
|------------|-----|--------------|---------|-----------|------------|---------|---------|
| K0 N | 0,4 | 450 | 180 | 801,2 | 801,26 | 0 | 0,78 |
| K05 N | 0,4 | 450 | 180 | 801,2 | 761,2 | 15,2 | 0,58 |
| K10 N | 0,4 | 450 | 180 | 801,2 | 721,2 | 30,8 | 0,85 |
| K15 N | 0,4 | 450 | 180 | 801,2 | 681,2 | 45,6 | 0,92 |
| K20 N | 0,4 | 450 | 180 | 801,2 | 641 | 60,8 | 1,13 |
| K25 N | 0,4 | 450 | 180 | 801,2 | 600,8 | 76 | 1,58 |

H.

I.

3. Metod

J. 2.3.1. Basınç Dayanımı

Her bir karışımın basınç dayanımının tayini için 150×150×150 mm'lik küp numuneler kullanılmıştır. Numunelerin 28 günlük basınç dayanımları ölçülmüştür. Numuneler, basınç dayanımı deney makinelerinin standardına uygun deney aletine, basınç dayanımının tayini için konulmuştur. Makine otomatik yükleme sistemi ile küp numuneler 6,8 kN/s yükleme hızı ile yüklenmiştir. ASTM C 39 [10]'a göre numunelerin basınç dayanımı bulunmuştur. Beton basınç dayanımı deney düzeneği Resim1'de verilmiştir.



Resim1. Beton Basınç Dayanımı Deney Düzeneği

K. 2.3.2. Eğilme Dayanımı

Eğilme Dayanımı 28 gün su içerisinde kür edilen 100x100x500 mm kiriş numuneleri üzerinde yapılmıştır. 3 Noktada Eğilme deney metoduyla gerçekleştirilen deneyde kiriş numunesi 400 mm açıklıklı iki mesnete oturtulup numunenin tam ortasına noktasal kuvvet uygulanmıştır. Kırılma anındaki maksimum kuvvet değerleri okunup eğilme gerilmesi değerleri denklem1'e göre hesaplanmıştır. Eğilme dayanımı deney düzeneği Resim2'de verilmiştir.

Denklem.1

$$\sigma = 3FL / 2bh^2$$

σ =Maksimum normal gerilme (N/mm²)

F= Kuvvet(N)

L=iki destek arası mesafe(mm)

b=Kiriş genişliği (mm)

h= Kiriş Yüksekliği (mm)



Resim2. Eğilme Dayanımı Deney Düzeneği

L.

M. 2.3.3. Yarmada Çekme Dayanımı

Yarmada çekme dayanımı deneyleri 28 gün su içerisinde kür edilen 150x150x150 mm boyutlu küp numuneler üzerinde ASTM C 496 [11] standardına uygun şekilde yapılmıştır. Numunelerin alt ve üst orta noktalarına karşılıklı gelecek şekilde demir çıtalar yerleştirilmiş, böylece yayılı yük çizgisel yüke dönüştürülür. Yükleme doğrultusuna dik yönde oluşan çekme kuvvetleri sonucunda numune ikiye ayrılır. Numunenin kırıldığı maksimum yük belirlenir ve yarmada çekme dayanımı denklem.2'ye göre hesaplanır. Yarmada çekme dayanımı deney düzeneği Resim3a'da, yarmada çekme deneyi sonucu numunenin durumu Resim3b'de verilmiştir.

Denklem.2

$$\sigma = 2P / \pi LD$$

σ =Maksimum Çekme gerilmesi (N/mm²)

P= Kuvvet(N)

L=Numune genişliği (mm)

D=Numune Yüksekliği (mm)



Resim3a. Yarmada Çekme Dayanımı
Deney Düzeneği



Resim3b.Yarmada Çekme
Dayanımı Deneyinden sonra
Numunenin Durumu

N. 2.3.4.Beton Test Çekici Deneyi

Beton Test çekici Deneyi 28 gün su içerisinde kür edilen 150x150x150 mm boyutlu küp numuneler üzerinde yapılmıştır. Beton test çekici, sertleşmiş beton kalitesini tahribatsız deney metodu ile belirlemeyi amaçlar. Deney sırasında numune yüzeyine yakın noktadaki harcın mukavemetine bağlı olarak, 'geri sıçrama numarası' ölçülür. Beton test çekici ile ölçüm yapılırken darbe anında çekiç, beton yüzeyle 90° açı yapacak şekilde uygulanıp, deney hassasiyeti için her numuneden en az 10 kez okuma alınıp bunlardan en düşük ve en yüksek olanı elenerek geri kalan okumaların ortalaması alınmak suretiyle basınç dayanımlarının ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu ölçüm deney aleti üzerinde bulunan 'geri sıçrama no-Basınç dayanımı grafiğinden okunarak yapılır. Beton test çekici deney düzeneği Resim4'de verilmiştir.



Resim4.Beton Test Çekici Deney Düzeneği

O. 2.3.5.Ultrasonik Ses Hızı Deney Sonuçları

Ultrasonik ses hızı deneyleri 28 gün su içerisinde kür edilen 150x150x150 mm boyutlu küp numuneler üzerinde ASTM C 597-02 [12]'ye göre yapılmıştır. Beton numunenin bir yüzeyinden diğer yüzeyine gönderilen ses üstü dalgalarının karşıya geçiş süresi ölçülmekte, dalga hızı hesaplanmaktadır.. Her bir beton numunesi için hız değerleri okunarak Whitehurst (1951)[13]'de belirtilen sınırlara göre karşılaştırılmıştır. Ultrasonik Ses Hızı Deney Düzeneği Resim5'de verilmiştir.



Resim5.Ultrasonik Ses Hızı Deney Düzeneği

P. 3. Araştırma ve Bulgular

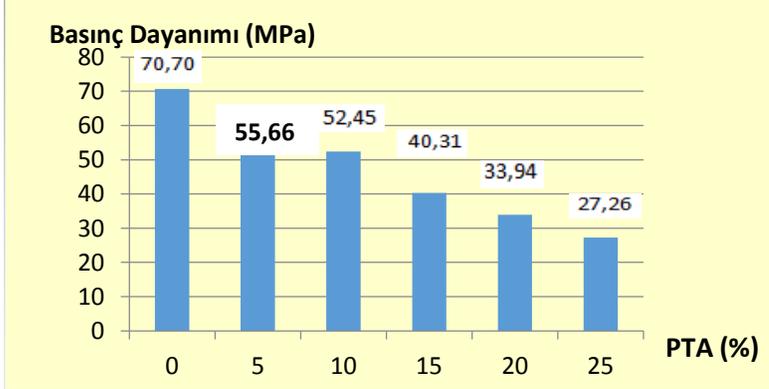
Q. 3.1 Basınç Dayanımı

PTA içeren numunelere ait basınç dayanımı sonuçları tüm karışımlar için Tablo 4'te ve Grafik 1'de verilmiştir.

Tablo4. Beton Numunelere Ait Basınç Dayanımı Testi Sonuçları

| Karışım No | 28 Günlük (MPa) |
|------------|-----------------|
| K0N | 70,70 |
| K05N | 55,66 |
| K10N | 52,45 |
| K15N | 40,31 |
| K20N | 33,94 |
| K25N | 27,26 |

Grafik 1. Beton Numunelere Ait Basınç Dayanımı Testi Sonuçları



PTA'nın agrega ile yer değiştirmesi beklenildiği gibi basınç dayanımında düşüşe yol açmıştır.

%5 PTA içeren numuneler 55,66 Mpa ile kontrol numunesinin %80'i %10 PTA içeren numuneler ise 52,45 Mpa ile kontrol numunesinin %75'i civarında bir basınç dayanımı geliştirmişlerdir.

%10 PTA değerinden sonra %15,%20 ve %25 PTA içeren betonlarda basınç dayanımı değerleri kontrol numunesine göre sırasıyla %43, %52, ve %61,75 düşmüş ve bu değerler azımsanmayacak boyutlara ulaşmıştır.

PTA içeren numunelerde kontrol numunesine göre %61'lik bir dayanım kaybı olmuştur.

R. 3.2 Eğilme Dayanımı

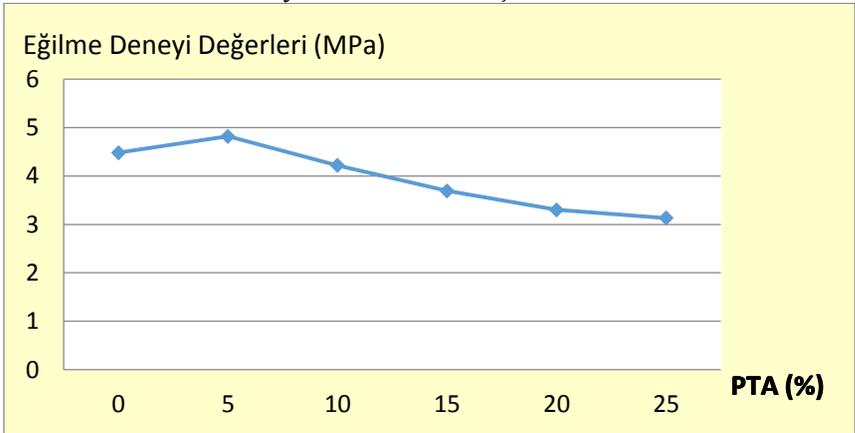
Üretilen numunelerin eğilmede çekme dayanımları 3 Nokta Yükleme Deneyi ile belirlenmiştir. 3 Nokta Yükleme Deneyine ait sonuçlar Tablo 5'te ve Grafik2'de verilmiştir.

Tablo5. Beton Numunelere Ait Eğilme Dayanımı Testi Sonuçları

| XV. | Karışım No | 28 Günlük (MPa) |
|-----|------------|-----------------|
| | | K0N |
| | K05N | 4,82 |
| | K10N | 4,22 |
| | K15N | 3,69 |
| | K20N | 3,3 |
| | K25N | 3,13 |

Grafik 2.
Numunelere

Dayanımı Testi Sonuçları

Beton
Ait Eğilme

PTA içeren numunelerin eğilme dayanımı değerleri basınç dayanımı değerlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

%5 PTA içeren numuneler şahit numuneden daha yüksek eğilme dayanımına sahipken, %10 PTA içeren numunelerde şahit numuneye oldukça yakın bir dayanım değerine sahiptir. Diğer yandan %15, %20, %25 PTA içeren numuneler sırasıyla şahit numunenin %84, %74 ve %70'i kadar eğilme dayanımı geliştirmişlerdir.

Bunun nedeninin beton üretiminde kullanılan agreganın yaklaşık üçte biri yoğunluğuna sahip PTA'nın beton içerisinde yayılarak eğilme sırasında oluşan çatlakların oluşumunu geciktirmesi ve dayanım değerini arttırması olduğu düşünülmektedir.

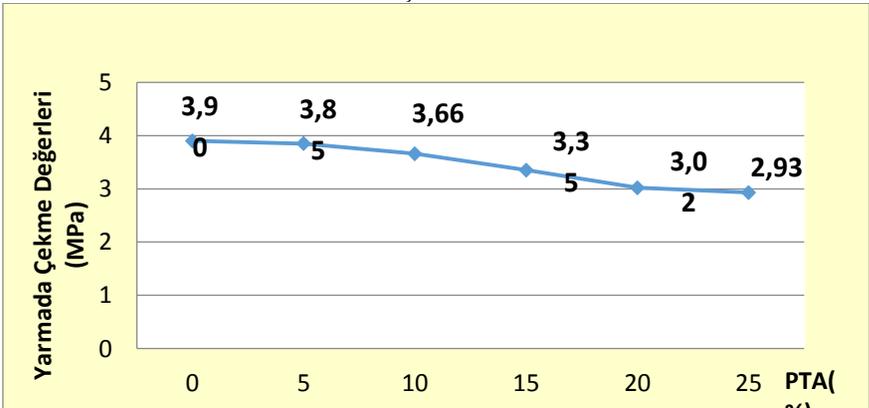
A. 3.3 Yarmada Çekme Dayanımı

Betonun çekme dayanımını dolaylı yoldan belirlemede kullanılan bir diğer yöntem olan Yarmada Çekme Deneyi sonuçları Tablo 6'da ve Grafik 3'te verilmiştir.

Tablo6. Beton Numunelere Ait Yarmada Çekme Dayanımı Test Sonuçları

| Karışım No | (MPa) |
|------------|-------|
| K0N | 3,90 |
| K05N | 3,85 |
| K10N | 3,66 |
| K15N | 3,35 |
| K20N | 3,02 |
| K25N | 2,93 |

Grafik 3. Beton Numunelere Ait Yarmada Çekme Dayanımı Test Sonuçları



B. %5 ve %10 PTA içeren numuneler şahit numunelere oldukça yakın bir yarmada çekme dayanımı değerine sahiptir.%15, %20 ve %25 PTA içeren karışımlar ise sırasıyla kontrol numunenin %85, %77 ve %75'i kadar bir yarmada çekme dayanımı değerine sahiptirler.Bu sonuç eğilmede çekme testi sonuçları ile de uyumludur.

C. Her iki testin sonuçları birlikte değerlendirildiğinde agrega ile hacimce %10' a kadar kullanılan PTA'nın betonun çekme dayanımını olumsuz etkilemediği söylenebilir.

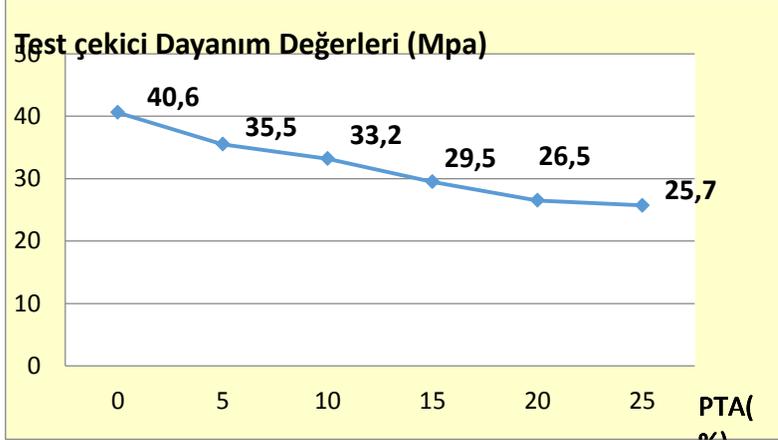
D. 3.4 Beton Test Çekici Deneyi

Beton test çekici sonuçları Tablo 7'de ve Grafik 4'te verilmiştir.

Tablo7. Beton Numunelere Ait Beton Test Çekici Deney Sonuçları

| Karışım No | (MPa) |
|------------|-------|
| K0N | 40,6 |
| K05N | 35,5 |
| K10N | 33,2 |
| K15N | 29,5 |
| K20N | 26,5 |
| K25N | 25,7 |

Grafik 4. Beton Numunelere Ait Beton Test Çekici Deney Sonuçları



PTA kullanımı ile test çekici değerlerinde düşmeler olmuştur.

Agregaya göre çok daha yumuşak olan PTA'nın yüzey sertliğini düşürmesi normal bir sonuçtur. Buna rağmen %5 ve %10 PTA içeren numuneler kontrol numunesinin sırasıyla %90 ve % 82'si civarında test çekici değeri vermiştir.

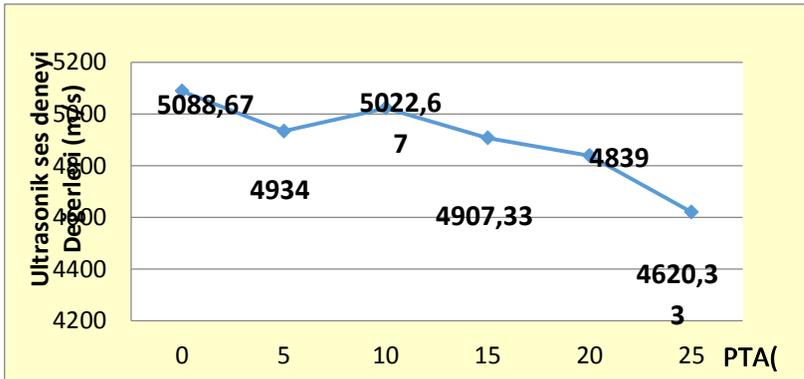
E. 3.5 Ultrasonik Ses Hızı Deney Sonuçları

F. Beton Numunelere Ait Ultrasonik Ses Hızı Deney Sonuçları
Tablo8 ve Grafik 5'te, Ultrasonik Ses Hız Sonuçlarının Pratik Değerlendirmesi Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo8. Beton Numunelere Ait Ultrasonik Ses Hızı Deney Sonuçları

| Karışım No | (m/s) |
|------------|---------|
| K0N | 5088,67 |
| K05N | 4934 |
| K10N | 5022,67 |
| K15N | 4907,33 |
| K20N | 4839 |
| K25N | 4620,33 |

Grafik5. Beton Numunelere Ait Ultrasonik Ses Hızı Deney Sonuçları



Tablo9. Ultrasonik Ses Hızı Sonuçlarının Pratik Değerlendirmesi
(Whitehurst, 1951)

| Ses hızı (V) m/s | Beton kalitesi |
|------------------|----------------|
| >4500 | Çok iyi |
| 3500-4500 | İyi |
| 3000-3500 | Orta |
| 2000-3000 | Zayıf |
| < 2000 | Çok zayıf |

G. Tablo9. Beton numunelerin (Whitehurst, 1951)'e göre kaliteleri

| Numune No | Beton kalitesi |
|-----------|----------------|
| K0N | Çok iyi |
| K05N | Çok iyi |
| K10N | Çok iyi |
| K15N | Çok iyi |
| K20N | Çok iyi |
| K25N | Çok iyi |

H. (Whitehurst, 1951)'e göre ultrasonik ses hızı 4500 ve üzeri olan betonlar kalite açısından 'çok iyi' olarak değerlendirilmektedir.

I. Test sonuçları incelendiğinde test edilen numunelerin tamamının 'çok iyi' kategorisinde olduğu görülmektedir.

J. 4.Sonuç

PTA'nın agregaya ile yer değiştirmesi önceki çalışmalarda da tecrübe edildiği gibi basınç dayanımında düşüşe yol açmıştır.

%5 PTA içeren numuneler 55,66 Mpa ile kontrol numunesinin %80'i %10 PTA içeren numuneler ise 52,45 Mpa ile kontrol numunesinin %75'i civarında bir basınç dayanımı geliştirmişlerdir.

%10'a kadar PTA içeren beton numuneler en az %75 civarında kontrol numune basınç dayanımını sağladığından kullanımında sakınca görülmemiştir.

Basınç Dayanımı değerlerinden daha iyi sonuçlar veren Eğilme Dayanımı değerlerinde %5 PTA içeren numuneler şahit numuneden daha yüksek eğilme dayanımına sahipken, %10 PTA içeren numunelerde şahit numuneye oldukça yakın bir dayanım değerine sahiptir.

Betonun daha sünek davranış göstermesinin nedeni kırma taş agregaya göre düşük yoğunluklu PTA agregasının çatlakların oluşumunu geciktirmesi ve Eğilme Dayanımı değerlerini arttırması olduğu düşünülmektedir.

K. %5 ve %10 PTA içeren numuneler şahit numunelere oldukça yakın bir yarmada çekme değerine sahiptir. Bu sonuç eğilmede çekme testi sonuçları ile de uyumludur.

PTA kullanımı ile test çekici değerlerinde düşmeler olmuştur. Basınç Dayanımı değerlerinde olduğu gibi Test Çekici değerlerinin de PTA oranı arttıkça düşüş göstermesi beklenen bir durumdur. Buna rağmen %5 ve %10 PTA içeren numuneler kontrol numunesinin sırasıyla %90 ve %82'si civarında test çekici değeri vermiştir.

L. Ultrasonik Ses Hızı Test sonuçları incelendiğinde test edilen numunelerin tamamının (Whitehurst, 1951)'e göre 'çok iyi' kategorisinde olduğu görülmektedir.

Tüm sonuçlar beraber değerlendirildiğinde ayakkabı taban sanayi atığı olan PTA'nın agrega yerine hacimce %10 oranında özellikle parke taşlarında, bordür taşlarında kullanılabileceği düşünülmektedir.

M. 5. Kaynaklar

[1]- **aLamba, N.M.K., Woodhouse, K.A. and Cooper, S.L.,** 1998. Polyurethanes in Biomedical Applications, CRC, New York.

[2]-**Song, M., Xia, H.S., Yao, K.J. and Hourstan, D.J.,** 2005. A study on phase morphology and surface properties of polyurethane/organoclay nanocomposite, *European Polymer Journal*, **41**, 259-266.

[3]-**Piotr, K.,** 2006. Synthesis methods, chemical structures and phase structures of linear polyurethanes. Properties and application of linear polyurethanes in polyurethanes elastomers, copolymers and ionomers, pp. 919-928, *Progress in Materials Science*, **52**, 915-1015.

[4]- [ahttp://www.sdplastics.com/polyuret.html](http://www.sdplastics.com/polyuret.html), Aralık 2007.

[5]- **Sofi,** Effect of waste tyre rubber on mechanical and durability properties of concrete – A review, *Ain Shams Engineering Journal* (2017) Article in Press

[6]-**Giedrius Girskas, Dz'igita Nagrockiene,** Crushed rubber waste impact of concrete basic properties, *Construction and Building Materials* 140 (2017) 36–42

[7]-**Blessen Skariah Thomas, Ramesh Chandra Gupta,** Properties of high strength concrete containing scrap tire rubber, *Journal of Cleaner Production* 113 (2016) 86e92

[8]-**Blessen Skariah Thomas , Sanjeev Kumar , Priyansha Mehra , Ramesh Chandra Gupta , Miquel Joseph ,Laszlo J. Csetenyi,** Abrasion resistance of sustainable green concrete containing waste tire rubber particles, *Construction and Building Materials* 124 (2016) 906–909

[9] **TS EN 1003** Beton Karışım ve Kür Suyu Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

[10] **ASTM C 39** 1994. Standart test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. Annual Book of ASTM Standarts.

[11] **ASTM C 496** 2004. Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens. Annual Book of ASTM Standarts.

[12] **ASTM C 597-02** 597-02, 1994. Standard test method for pulse velocity through concrete. Annual Book of ASTM Standards.

[13] **Whitehurst (1951)** Soniscope Test Concrete Structures Journal of American Concrete Institute, Proceeding, 47, 443-444

ESTIMATION OF THE ICING THAT MAY OCCUR DURING FLIGHT IN AIRPLANES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Hamdi ERCAN* & Serhat FENAR* & Sezai Alper TEKIN**

Abstract: Icing has long been described as one of the most serious meteorological hazards in aviation activities because it affects aircraft's flight performance negatively or makes it completely unfit for flight. Structural icing on the aircraft occurs with water vapor in the air at freezing point temperatures or especially super-cooled water droplets hit the surface of the aircraft, causing the flight direction of the aircraft, such as the edges of the aircraft wings, the engine and its exterior surfaces. The two main factors for the formation of structural ice in an aircraft are temperature and the amount of liquid water in the air. To occur ice on the plane, the airplane must be flying in an environment with water droplets, and the ambient temperature should be 0 °C or lower. According to the Federal Aviation Administration (FAA), the risk of icing is shown in four different classes: trace, light, moderate and severe. Ice accumulating in the wings and on the outer surface of the aircraft disturbs the aerodynamic structure of the wing, resulting in reduced lift, increased drag, and increased total weight of the aircraft. This situation leads to rise in the minimum stall speed of the aircraft.

In this study, three-input and one-output parameters affecting ice formation are used for estimating the risk of iciness by artificial neural networks. Input parameters of the proposed system are temperature, dew point and relative humidity. Output parameter is degree of icing. It has been determined that the above given parameters have an effect on icing. The output of the Artificial Neural Networks system, which will be designed with the effect of these, will give us the degree of icing.

Keywords: Icing the aircraft, anti-icing and estimation icing degree

1. INTRODUCTION

Frosting is one of the most serious meteorological hazards in the history of aviation since it adversely affects the flight performance of aircraft or makes it completely unfit for flight. Environmental factors such as altitude, climatic conditions, humidity and temperature are important factors affecting the severity of icing (Lankford, 2000).

~~— Even though the planes are certified with many protective applications to fly in icing conditions, these applications never aim to fly with unlimited time under severe icing conditions. Despite the fact that pilots~~

have meteorological data in hand against dangerous weather conditions, these data sets are not always reliable.

Sometimes pilots are facing with unpredictable ice conditions. Ice protection and de-icing systems on airplanes do not always protect planes. It is known that aircrafts with ice protection and de-icing systems are also affected by the icing problem. As a result the best way to avoid accidents is to avoid icing conditions (Hansman, 1985).

2. ICING IN AIRCRAFT

The main factors required for the structural ice to occur on the surface of the airplanes are known as temperature and the amount of liquid water in the air. Ice on airplanes is most likely occurs between $+2^{\circ}\text{C}$ and -20°C ambient temperatures and sometimes might occur outside of these limits. There are basically two types of icing. These are frost-type ice and transparent ice. The third type is the mixed ice formed by the combination of the first two (Civil Aviation Authority, 2000). According to the Federal Aviation Administration (FAA), the risk of icing is shown in four different classes: trace, light, moderate and severe. Table 1 shows a risk assessment of ice classified according to the effects on an aircraft without an ice protection system.

Table 1. Airframe icing reporting table

| | |
|----------|---|
| TRACE | Not hazardous for up to an hour |
| LIGHT | May create a problem after an hour's exposure |
| MODERATE | Potentially hazardous even for short encounters |
| SEVERE | Hazardous |

Ice accumulates in the wings and on the outer surface of the aircraft, disturbing the aerodynamic characteristic of the wing, causing the lift force to decrease and the drag force to increase (Kakaşçı, 2008). This leads to an increase in the air-holding speed (stol rate) of the aircraft. The freezing of the flight control surfaces, the icing on the vertical and horizontal tail control surfaces cause the stability of the aircraft to deteriorate and the control to be weaker apart from the power and speed loss (Osterberg, 1999).

In addition, the icing of various air vents, such as the pitot tube in the air, can cause devices such as air speed indicators, altimeters to give false information (Cusimano, 2002). Figure 1 shows that icing effects on the aircraft.

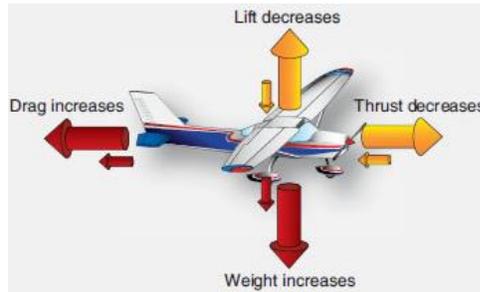


Figure 1. Icing effects.

3. ESTIMATION OF THE DEGREE OF ICING THAT MAY OCCUR DURING FLIGHT

Artificial Neural Networks (ANN) are programs designed to simulate the way a simple biological nervous system works. The simulated nerve cells contain neurons, which connect to each other in various ways to form a network. These networks have the capacity to learn, memory, and reveal the relationship between the hosts (Kostanic, 2001). Due to the success of the ANN, it is applied especially for the problems which has missing, ambiguous, complex and blurred information. In addition to these problems it is also applied for many other industrial problems.

Since there is a parallelism on the aircrafts ANN can work very fast since their optimum behavior in real time events (Haykin, 1994). With ANN, 3 input and 1 output parameters affecting the formation of ice are used during estimating the risk of icing in the air.

Input Parameters;

- Ambient temperature
- Dew Point Temperature
- Relative humidity

Output Parameters;

- Degree of icing

It has been determined that the above given parameters have an effect on icing. The output of the ANN system which will be designed with their effect will give us the degree of icing. Block diagram of the designed ANN is shown in Figure 2.

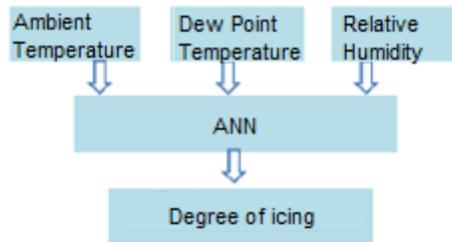


Figure 2. Block diagram of the designed ANN.

For estimating the degree of icing risk, Fig. 2 shows the block diagram of the 3-input single-output forward-feed ANN model used. In the training of ANN, the performance parameters affecting the icing given in Table 2 are used. Some of these (180) data were used as training data. And the others was used as test data to test the performance of the network.

The data sets required for ANN training are prepared in matrix form. The input data is 3×180 and the output data is 1×180 .

Matrix data is normalized and the network structure required to solve the problem is defined In Matlab program. In this study, the network architecture proposed to determine the degree of icing risk is the forward feed ANN and the network model is the multilayered perceptron (CCP) model.

Table 2. Examples of training data

| No | Ambient temperature (°C) | Dew point (°C) | Relative humidity (%) | Degree of icing |
|-------|--------------------------|----------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | -6 | -9,625 | 68,8 | 0 |
| 2 | -12,6 | -4,9 | 70,3 | 1 |
| 3 | 15 | -2 | 60 | 0 |
| 4 | 2,2 | -0,4 | 68 | 1 |
| 5 | -17,5 | -0,9 | 74 | 1 |
| | | | | |
| | | | | |
| 469 | -18,6 | -8,9 | 89,2 | 3 |
| 470 | -19,6 | -3 | 71,2 | 2 |

In this model, sigmoid and linear activation functions are used as the activation function. The designed ANN architecture has 1 input, 1 output and 2 hidden layers as shown in Figure 3.

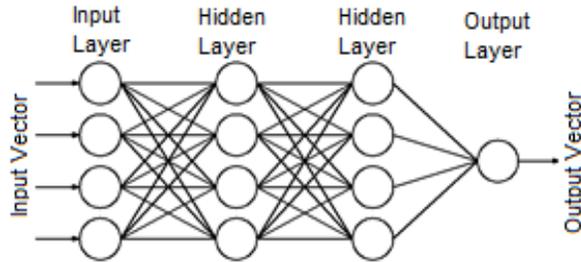


Figure 3. Designed ANN architecture

The Levenberg-Marquardt algorithm is used as the learning algorithm. After the parameters of the learning algorithm have been determined, the network has been trained.

In this study, mean square error (MSE) was chosen as the performance function. MSE represents a general error value for all neurons in the output layer and is defined as:

$$MSE = E(w) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2(w) \quad (1)$$

The performance of the ANN model proposed in this thesis study was evaluated by means of the mean square error square root (RMSE) and the coefficient of determination (R^2).

The mean square error square root (RMSE) determines the error ratio between the actual value and the estimated value. The increase in the predictive ability of the ANN model is understood to be the approach of the RMSE value to zero. The number of data sets used, the estimated value obtained from the neural network, the real value of RMSE is calculated by the following equation:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y_{d_i})^2} \quad (2)$$

The R^2 value, which is called the determination coefficient, indicates the degree of conformity for the ANN model. The fact that the value of R^2 is close to 1 indicates that the predicted values are very close to the real values and that the predicted values are very far from the true values. The R^2 value is expressed as follows:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{d_i})^2}{\sum_{i=1}^n (y_{d_i} - y_m)^2} \quad (3)$$

The required error level for estimating icing risk with ANN was reached at the end of 78 iterations. After completion of the training, the

actual output values of the test data are compared with the response of the artificial neural network to the test data to test the reliability of the network. The relationship between ANN output and expected result is shown in Figure 4.

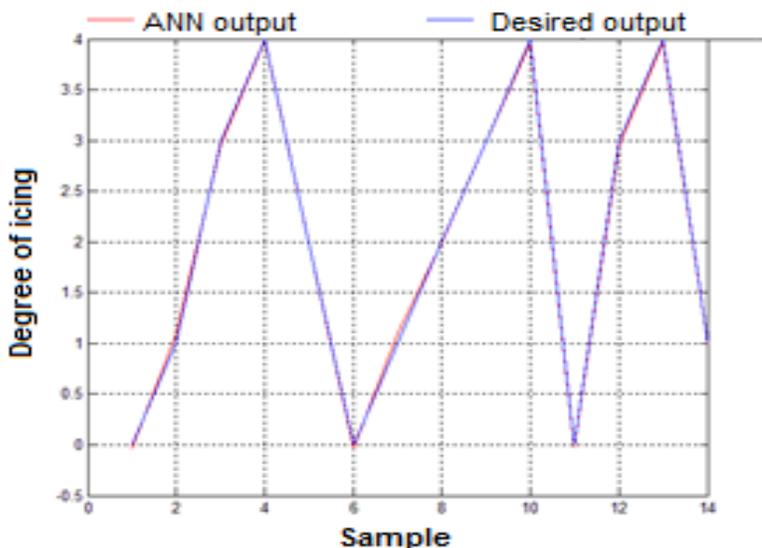


Fig.4. Comparison of icing risk grade values obtained from ANN with desired output values.

As shown in Figure 4, the icing risk grade values obtained by ANN for the test data are close to the desired output values. The RMSE and R^2 values calculated for the test data are given in Table 3.

Table 3. Model performance criteria derived from the ANN model foreseeing the estimated risk of icing.

| Training Algorithm | Network structure | Data | R^2 | RMS E |
|--------------------|-------------------|------------|--------|--------|
| LM | 4 x 4 | Training | 0.9992 | 0.0425 |
| | | Validation | 0.9901 | 0.0410 |
| | | Test | 0.9918 | 0.0420 |

4. RESULTS AND DISCUSSION

Despite the fact that pilots have meteorological data in their hands against dangerous situations, they are not always reliable. Sometimes pilots

are faced with unpredictable ice conditions. Ice protection and de-icing systems on airplanes do not always protect planes. It is known that aircraft with these systems are also affected by the icing problem and even death accidents. So the end result is that the best way to avoid icing accidents is to avoid ice conditions.

In this study, it was aimed to present an alternative method by modeling with the artificial neural networks about the calculation of the degree of icing that may occur during flight in airplanes. RMSE and R^2 values, which are among the performance criteria of the model, are also very small, revealing that the values estimated by the real and ANN overlap with each other. It is clear that proposed ANN model can be used as an alternative method without estimating the degree of icing risk.

a) **REFERENCES**

- Lankford, TT. (2000). Aircraft Icing. New York: McGraw-Hill.
- Hansman, RJ Jr. (1985). Droplet size distribution effects on aircraft ice accretion. *Journal of Aircraft* 22 (7):503–508.
- Civil Aviation Authority. (2000). Aircraft icing handbook. New Zealand:Lower Hutt.
- Cusimano, L. (2002). Flight in icing conditions. FAA, Advisory Circular 91-74.
- Kakaşçı, U. (2008). Uçuşta buzlanma ve uçak performansına etkileri. II. Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı, October 15-17,2008, İTÜ, İstanbul, Turkey.
- Osterberg, j., Streu, D., and Prentice, R. (1999). Aviation weather services. FAA, Advisory Circular 00-45E.
- Haykin, S.(1994). *Neural Networks A Comprehensive Foundation*. New Jersey: Prentice Hall Publishing.
- Ham, F.M., Kostanic, I. (2001). *Principles of Neurocomputing for Science and Neurocomputing*, New York:Mcgraw-Hill.

ROLL CONTROL OF AIRCRAFT USING OPTIMIZATION ALGORITHMS AND LQR METHOD

Hamdi ERCAN^{*1} & Muharrem Selim CAN^{**}

Abstract: Flight stability and control is crucial in order to keep a flight at a desired position and to change the position of an aircraft. Many methods have been proposed in the literature to compare flight stability and control performances. Increasing maneuverability of an aircraft and ensuring flight stability require coping with many nonlinear systems. In this study, the roll control of an aircraft is performed using the LQR (Linear Quadratic Regulator) method. The LQR method, a successful and well-known method, has been used to control different dynamic systems. The aircraft roll controller has been developed to allow the aircraft to roll with a constant angle. While aircraft performs roll motion, it is desired that the sideslip angle is zero approximately. Pitch moment, yaw moment and roll moment has been controlled to achieve stable and safe flight. The state-space model is obtained by using longitudinal and lateral motion equations of the aircraft. Optimization algorithms are used to search the best LQR parameters to increase the success of the LQR controller. The LQR controller is compared to the PID controller. After the control parameters are determined, settling time, rise time, maximum overshoot and peak time are measured for comparing performance of LQR and PID controllers. General aviation aircraft Navion has been chosen to model and control roll motion. Matlab/Simulink is used for modeling control system and aircraft dynamics.

Keywords: LQR control, Roll Control, Optimization Algorithms

1. INTRODUCTION

With the rapid development of the avionic technology autopilots have become more common on aircrafts. The performance of the flight control system is crucial for flight safety (Goutham, 2016). By using the automatic flight control system, the attitude of aircraft and flight trajectory are more accurately controlled and pilot workload is reduced. The automatic flight control system is designed to take into account design requirements such as performance, safety and economic efficiency (Rajeswari & Suresh 2015, Chen & Zhao, 2017).

In the literature, the control of the lateral angular deviation of the aircraft with respect to runway was investigated during the landing (Lungu & Lungu, 2016). In another study, control of the aircraft was

*Erciyes University, Department of Avionics, Kayseri, Turkey, hamdiercan@erciyes.edu.tr

**Iskenderun Technical University, Department of Aviation Electric and Electronics, 1200, Iskenderun/Hatay, Turkey, mselim.can@iste.edu.tr

examined in presence of wind disturbance during landing (Zhen & Jiang & Wang, 2015). In a research, the pitch angle control for an aircraft was carried out by PID and LQR methods that tuned by genetic algorithm (Chugh & Ohri, 2014). In this paper, general aviation aircraft Navion has been used for modeling roll control dynamics (Nelson, 1998). Furthermore, in the literature roll control of aircraft has been studied with real flight data (Perrusquia & Tovar & Soria & Martinez, 2016).

2. ROLL CONTROL DYNAMICS

In this part, mathematical equations are obtained for roll control of an aircraft. Lateral dynamics which are roll, sideslip and yaw motions are derived by small perturbation theory (Nelson, 1998).

Aircraft six degree of freedom dynamic equations are derived by using Newton's second law. According to the Newton's second law, total force with respect to axis x, y and z equals to mass time acceleration. Newton second law is expressed by Equation (1) and (2). \mathbf{F} represents total forces acting on the aircraft. m is the mass of the aircraft, Ω and \mathbf{V} are rotational velocity vector and translational velocity vector with respect to body axis.

$$\sum \mathbf{F} = \frac{d}{dt}(m\mathbf{v}) \quad (1)$$

$$\mathbf{F} = m \left(\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + \Omega \times \mathbf{V} \right) \quad (2)$$

Following equation (3), (4) and (5) are useful for roll control analysis and stability analysis. X, Y and Z represent summation of aerodynamic forces, thrust force and weight with respect to x, y and z axis, respectively. P, Q and R represent roll, pitch and yaw rate respectively. u , v , w represent the axial velocity, side velocity and normal velocity, respectively.

$$\dot{u} = \frac{X}{m} - g \sin \theta + rv - qw \quad (3)$$

$$\dot{v} = \frac{Y}{m} + g \sin \phi \cos \theta - ur + wp \quad (4)$$

$$\dot{w} = \frac{Z}{m} - vp + up + g \cos \phi \cos \theta \quad (5)$$

Aerodynamic forces acting on the aircraft has been obtained following Equation (6), (7) and (8). L, D and Y represent lift force, drag force and side force acting on the aircraft, respectively. ρ is air density constant. S is wing area of the aircraft. C_L , C_D and C_Y state coefficient of lift, coefficient of drag and coefficient of yaw respectively.

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L \quad (6)$$

$$D = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_D \quad (7)$$

$$Y = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_Y \quad (8)$$

Aerodynamic coefficients are defined by Equation (9), (10) and (11).

$$C_L = C_{L0} + C_{L\alpha} \alpha + C_{Leq} \frac{c}{2V} q + C_{L\delta e} \delta e \quad (9)$$

$$C_D = C_{D0} + \frac{C_L^2}{\pi e AR} \quad (10)$$

$$C_Y = C_{Y\beta}\beta + C_{Y\delta r}\delta r \quad (11)$$

Aerodynamic moments acting on the aircraft are represented following Equation (12), (13) and (14).

$$L = \frac{1}{2}V^2\rho S b C_l \quad (12)$$

$$M = \frac{1}{2}V^2\rho S c C_m \quad (13)$$

$$N = \frac{1}{2}V^2\rho S b C_n \quad (14)$$

Equation (15) and Equation (16) represent state-space model for aircraft dynamic system. x and \dot{x} are the states and derivative of states respectively. u and y are input vector and output vector for the system. A , B , C and D are matrices that define aircraft dynamic system behavior as shown in Equation (17, 18, 19, 20).

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (15)$$

$$y = Cx + Du \quad (16)$$

$$A = \begin{bmatrix} Y_v/m & Y_p/m & Y_r/m - U_0 & \\ L_v/I'_{xx} + I'_{zx}N_v & L_p/I'_{xx} + I'_{zx}N_p & L_r/I'_{xx} + I'_{zx}N_r & g\cos\theta_0 \\ I'_{zx}L_v + \frac{N_v}{I'_{zz}} & I'_{zx}L_p + \frac{N_p}{I'_{zz}} & I'_{zx}L_r + \frac{N_r}{I'_{zz}} & 0 \\ 0 & 1 & \tan\theta_0 & 0 \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$B = \begin{bmatrix} Y_{\delta a}/m & Y_{\delta r}/m \\ L_{\delta a}/I'_{xx} + I'_{zx}N_{\delta a} & L_{\delta r}/I'_{xx} + I'_{zx}N_{\delta r} \\ I'_{zx}L_{\delta a} + \frac{N_{\delta a}}{I'_{zz}} & I'_{zx}L_{\delta r} + \frac{N_{\delta r}}{I'_{zz}} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (20)$$

3. LQR METHOD

When the control system is modeled by using the LQR method, it is desired to minimize the objective function shown in Equation (17). K is obtained by minimization of cost J . Multi input multi output systems are designed by using LQR methods and state space form (Rinaldi & Gargioli & Quagliotti, 2014). LQR and PID control system has been compared for aircraft pitch control (Malik & Singh, 2017).

$$J = \int_0^{\infty} (x^T Q x + u^T R u) dt \quad (21)$$

Following Equation (22) S is algebraic riccati equation solution which minimizes Equation (21).

$$0 = A^T S + SA - SBR^{-1}B^T S + Q \quad (22)$$

Performance of LQR control method is depended on Q and R weight matrices which are diagonal matrices.

4. PID Method

PID control is used many application in industrial control due to its simple structure (Yit & Rajendran & Wee, 2016). PID control has three control parameters which are K_p , K_i and K_d . K_p , K_i and K_d are proportional, integral and derivative parameters, respectively. These parameters has important role for controlling performance criteria (Selamat & Daud & Jaafar & Shamsudin, 2015). Feedback PID control system has been shown in Figure 1.

$$G(s) = K_p + K_i \frac{1}{s} + K_d s \quad (23)$$

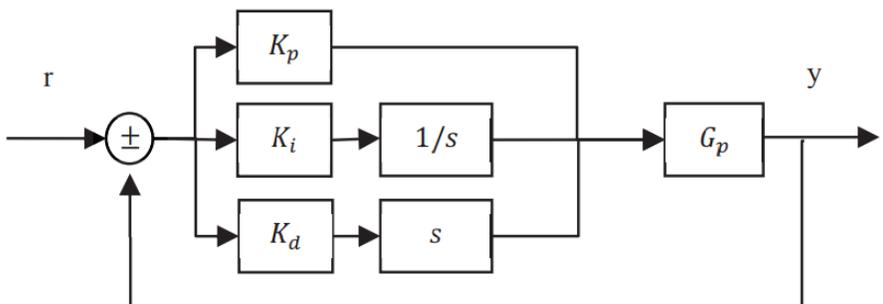


Figure 1. Feedback PID control system

5. OPTIMIZATION ALGORITHMS

Optimization algorithms are often used in many engineering problems to solve complex problems. Optimization algorithms are more successful than other deterministic methods for solving complex problems. Optimization algorithms have been developed by inspiration from nature and from the behavior of living things. Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm is introduced by Kennedy and Eberhart in 1995 (Eberhart & Kennedy, 1995). There are some studies in the literature that use optimization methods to find the optimal weights of the Q and R matrices of LQR method for controlling aircraft (Chung etc., 2014; Selamat etc., 2015). Figure 2 shows the PSO algorithm flowchart which is used for optimization of LQR control system Q and R matrices.

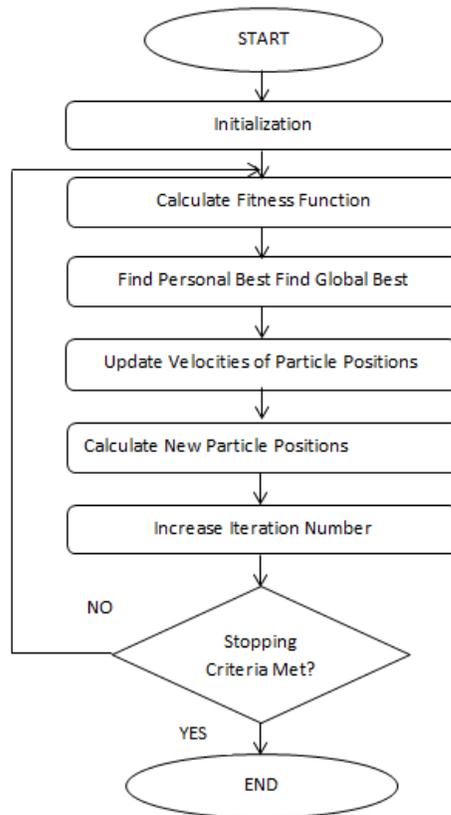


Figure 2. PSO algorithm flowchart

Following Equation (24) and (25) represent LQR method Q and R weight matrices which are diagonal matrices. Q and R matrices has important role for response of the roll control system. Trial and error process, are used for determining Q and R matrices, are tedious and difficult to find appropriate Q and R matrices.

$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Q_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Q_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Q_4 \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$R = \begin{bmatrix} R_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_4 \end{bmatrix} \quad (25)$$

Optimized Q and R Matrices are shown in Table 1.

Table 1. Optimized Q and R Matrices

| Roll angle | Q | R |
|------------|--|--|
| PSO-LQR | Q ₁ =7203.24 Q ₂ =4211.08 Q ₃ =6415.12 Q ₄ =9489.48 | R ₁ =1989.82 R ₂ =1989.82 |
| LQR | Q ₁ =5 Q ₂ =10 Q ₃ =10 Q ₄ =10 | R ₁ =1 R ₂ =1 |
| Roll Rate | Q | R |
| PSO-LQR | Q ₁ =38.25 Q ₂ =2060.26 Q ₃ =100 Q ₄ =0.01 | R ₁ =3.61 R ₂ =3.61 |
| LQR | Q ₁ =20 Q ₂ =700 Q ₃ =22 Q ₄ =22 | R ₁ =10 R ₂ =10 |

Optimization cost function is defined as Equation (26). J is total cost for control system responses. St , Rt , Os , P are settling time, rise time, overshoot, and peak for response of roll control system, respectively. w_1 , w_2 , w_3 , w_4 and w_5 are optimization weights for each objective. $e(t)$ represents error signal which is used for calculating integral absolute error (IAE) as shown in Equation (27).

$$J = w_1St + w_2Rt + w_3Os + w_4P + w_5IAE \quad (26)$$

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| \quad (27)$$

Following Figure 3 shows the LQR control basic schematic diagram.

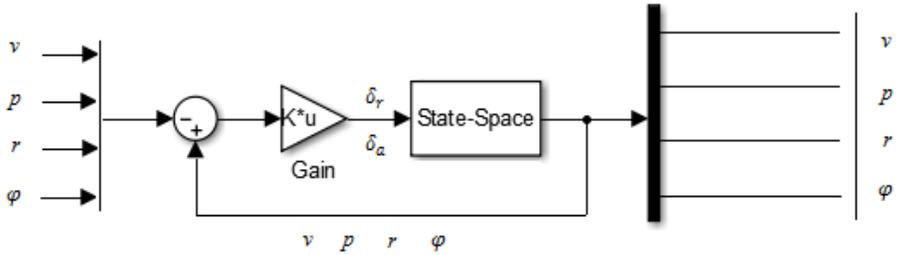


Figure 3. Lateral control model

K represent the gain matrix. Feedback shown in Fig 3 has been used for gain adjustment.

6. RESULTS

Matlab/Simulink is used for modeling control system and aircraft dynamics. According to Figure 4 dot line shows traditional LQR φ (Phi) roll angle response and dashed line shows LQR response of roll angle with PSO optimized weights. Straight line represents PID control response of roll angle. It is clear from the Figure 4 PSO optimized LQR method has better response than traditional LQR method and PID method.

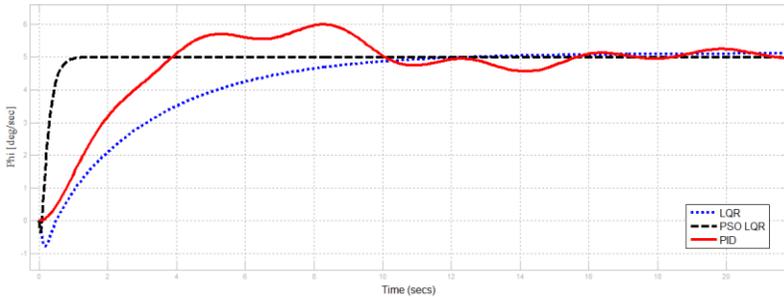


Figure 4. LQR, PSO-LQR and PID response of system for roll angle

As can be seen from following Figure 5 PSO-LQR method smaller overshoot, rise time, peak and settling time than traditional LQR method and PID method.

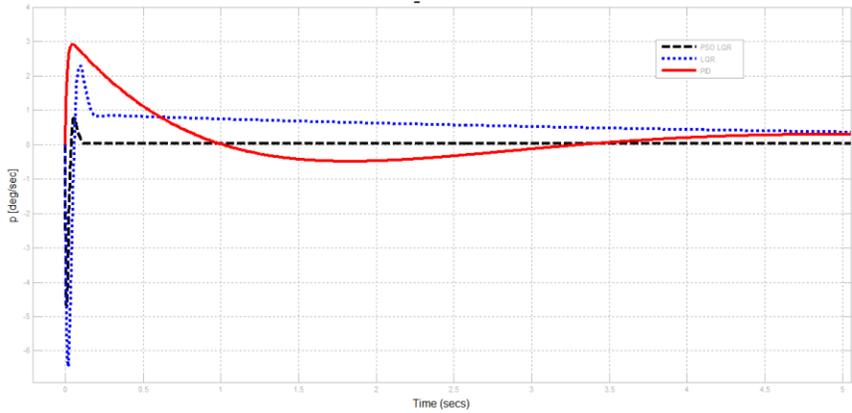


Figure 5. LQR, PSO-LQR and PID response of system for yaw rate

Figure 6 shows the roll rate response of the system. According to Figure 6, roll rate response of the PSO-LQR method has smaller overshoot. PSO-LQR method is better than traditional LQR method and PID method.

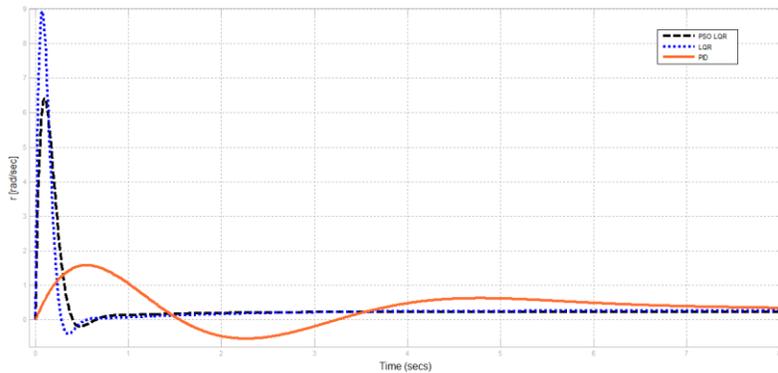


Figure 6. LQR, PSO-LQR and PID response of system for roll rate

Figure 7 shows response of system for side velocity and dashed line represents PSO-LQR method that has smaller settling time, rise time, overshoot and steady state error.

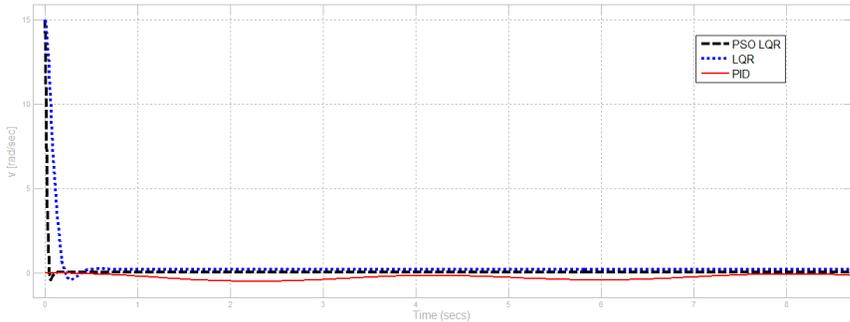


Figure 7. LQR, PSO-LQR and PID response of system for side velocity

7. CONCLUSION

In this study, LQR controller has been developed and used for controlling the aircraft roll control. LQR Q and R matrices have been optimized to achieve smaller settling time, rise time, overshoot, peak and steady state error. It has been shown in this study that PSO successfully find optimal Q and R matrices. According to the simulation results, PSO-LQR method better than traditional LQR which Q and R matrices are tried to find by trial and error process. Also, simulation results show that PSO-LQR method is better than PID controller.

REFERENCES

- Chen, Y., Zhao, Y., (2017), The design of the four rotor unmanned aircraft control algorithm, IEEE 29th Chinese Conference Control and Decision (CCDC), pp. 5146-5150.
- Chugh, V., Ohri, J., (2014), GA tuned LQR and PID controller for aircraft pitch control, IEEE 6th India International Conference on Power Electronics (IICPE), pp. 1-6.
- Eberhart, R., Kennedy, J., (1995), A new optimizer using particle swarm theory, IEEE Proceedings of sixth international symposium on micro machine and human science, pp.39-43.
- Goutham, E., Rani, M., A., (2016), Modeling of an adaptive controller for an aircraft roll control system using PID, fuzzy-PID and genetic algorithm, IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering, Vol.11 pp. 15-24.
- Lungu, M., Lungu, R. (2016). Automatic control of aircraft lateral-directional motion during landing using neural networks and radio-technical subsystems, Neurocomputing, Vol.171, pp.471-481.
- Malik, S., Singh, S. (2017). LQR and tuned PID controller design and simulation for aircraft pitch using Matlab, International Journal of Scientific Research and Education, Vol.5(04).

Nelson, R. C. (1998). *Flight stability and automatic control*. Vol.2. New York: WBC/McGraw Hill.

Perrusquia, A., Tovar, C., Soria, A., Martinez, J.C. (2016). Robust controller for aircraft roll control system using data flight parameters. IEEE 13th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE), pp. 1-5.

Rajeswari, V., Suresh, L. P. (2015). Comparative assessment of the performances of linear quadratic and sliding mode control methodologies in control of lateral axis of aircraft. IEEE International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), pp. 1-6.

Rinaldi, F., Gargioli, A., Quagliotti, F. (2014). PID and LQ regulation of a multicopter attitude: mathematical modeling, simulation, simulations and experimental results. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, Vol.73 (1-4), pp. 33-50.

Selamat, N. A., Daud, F. S., Jaafar, H. I., Shamsudin, N. H. (2015). Comparison of LQR and PID controller tuning using PSO for Coupled Tank System. IEEE 11th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA), pp. 46-51.

The MathWorks, Inc., <http://www.mathworks.com/help> [Accessed 19.01.2018].

Yit, K. K., Rajendran, P., Wee, L. K. (2016). Proportional-derivative linear quadratic regulator controller design for improved longitudinal motion control of unmanned aerial vehicles. *International Journal of Micro Air Vehicles*, Vol.8 (1), pp. 41-50.

Zhen, ZY., Jiang, J., Wang, XH. (2015). Information fusion based optimal attitude control for large civil aircraft in landing phase, *ISA Transaction* Vol. 55, 81-91.

THE EFFECT OF PLACING VORTEX GENERATORS ON THE SELF-STARTING PERFORMANCE OF DARRIEUS TYPE VERTICAL AXIS WIND TURBINE

Nasser Ghassembaglou¹, Emre Alpman², Levent Kavurmacioğlu³

Abstract: This study contains an investigation of the effect of placing vortex generators on the suction sides of the blades of a vertical axis wind turbine rotor, on the self-starting performance of the turbine. Computational fluid dynamics is used for this purpose and the rotor start-up from rest is simulated by coupling the flow solver with a six degree-of-freedom dynamics solver. The predictions presented here shows that the presence of vortex generators worsens the start-up performance of the rotor however; more simulations with longer simulation times are needed to reach more solid conclusions.

Keywords: Vertical axis wind turbine, vortex generator, self-starting problem, computational fluid dynamics, fluid-structure interaction, OpenFOAM.

1. Introduction

The idea of using small and micro scale wind turbines in urban environments became popular thanks to the notion of producing the clean energy where it is needed. Due to their ability of accepting wind from any direction and their relatively simple blade design (Paraschivoiu, 2002), lift-driven vertical axis wind turbines (VAWTs) are very suitable for the build environment (Hill, et. al., 2009). At low rotation speeds however, the blades of a lift-driven VAWT typically operate at high angles of attack and low Reynolds number (Beri & Yao, 2011; Dominy et.al. 2007; Hill et. al., 2009). Since this might lead to a massive flow separation over the blade surface and to a decrease in the aerodynamic efficiency (Wood, 2011); lift-driven VAWTS may experience the well-known self-starting problem at low wind speeds (Beri & Yao, 2011; Danao, et. al. 2012, Dominy et.al. 2007; Douak & Aouachria, 2015; Hill et. al., 2009; Worasinchai, 2012) . The flow separation over the blade surface may be delayed or even avoided by attaching vortex generators (Gyatt, 1986; Hansen et. al., 2016). Among the vortex generator types used on wings and blades the “vane type” (Gyatt, 1986) is the most common one mainly

¹ Ph.D. Student, Istanbul Technical University, Mechanical Engineering Faculty, Istanbul, Turkey.

² Corresponding Author, Assoc. Prof. Dr., Marmara University, Mechanical Engineering Department, Istanbul, Turkey. emre.alpman@marmara.edu.tr

³ Asst. Prof. Dr. Istanbul Technical University, Mechanical Engineering Faculty, Istanbul, Turkey.

due to its geometrical simplicity. Although it was shown that vortex generators with aerodynamic shapes provide better performance (Hansen et. al., 2016), the vane type vortex generators are studied here because of their simple geometry. The aim of this study is to investigate the effect of placing vortex generators on the suction sides of the blades on the self-starting performance of a straight bladed Darrieus type VAWT. Here, the rotor consists of three blades with NACA 4415 airfoil section. The height and the diameter of the rotor are both 1 m and the blade chord length is 0.2 m. Performance predictions are performed using computational fluid dynamics. Here the blades of the turbine are allowed to rotate from rest by the aerodynamic forces developing on them. The starting performance of the rotor without vortex generators is compared with the rotors containing vortex generators of three different sizes. During the numerical solutions, the vortex generators are placed on the suction side of the blades at 10% chord length from the leading edge. Their sizes are modified by setting the height of the generators to 0.5%, 1% and 2% of the chord length. The “counter-rotating” version of the vane type vortex generators (Gyatt, 1986) is used. A picture of the rotor with 0.5% high vortex generators and a close-up view of one of the blades can be seen from Figure 29 and Figure 30, respectively.

2. Self-Start Problem

In order to observe the self-start problem of Darrieus type VAWTs, an example aerodynamic simulation is performed for the VAWT rotor described in the previous section. Here, these preliminary simulations do not contain vortex generators and simulations are performed using the open source wind turbine and analysis software QBlade (<http://www.qblade.org/>). Figure 31 contains the power coefficient (C_p) versus the tip speed ratio (TSR) curve obtained at a wind speed of 5 m/s using double multiple stream tube method (Paraschivoiu, 2002) of QBlade. From this figure, the maximum power coefficient is obtained at the optimum TSR of 2.3. Therefore for maximum power production the rotor is expected to rotate at the angular speed corresponding to this TSR. In order to investigate the time dependent behavior of the rotor, two different unsteady simulations are performed using the nonlinear lifting line methodology (Marten, et. al., 2015) of QBlade. Here, in the first simulation the rotor is forced to rotate at the optimum angular speed while in the second simulation the rotor starts from rest. Predictions are performed at 5 m/s wind speed.

Figure 32 displays the variation of angular speed with time for the two simulations mentioned above. Here, the total simulation time corresponds to three rotor revolutions at optimum TSR. For the simulation from start-up the total mass of the blades was assumed to be 1 kg. It is clear from Figure 32 that the rotor faces a difficulty in accelerating. The momentary

torque predictions displayed in Figure 33, where rotor produces a small amount of torque during start-up clearly explains this situation.

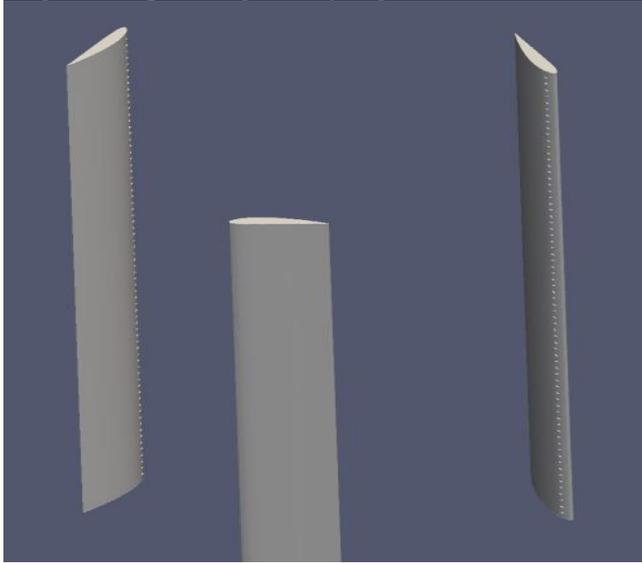


Figure 29 Rotor with 0.5% high vortex generators

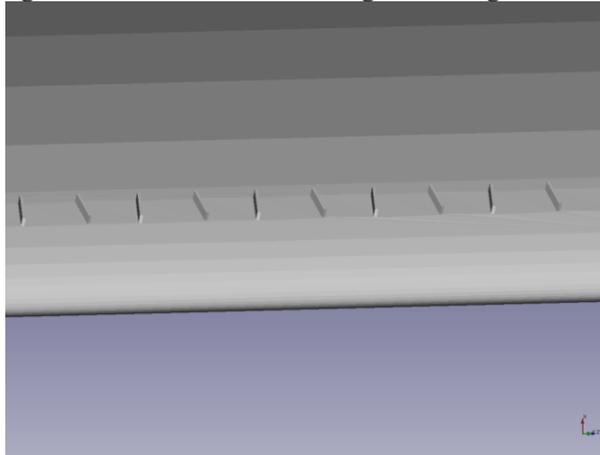


Figure 30 Close-up view of one of the blades

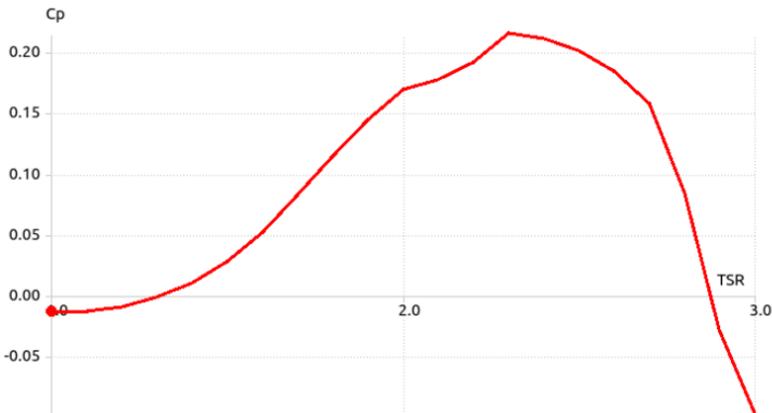


Figure 31 Power coefficient vs. tip speed ratio curve at wind speed of 5 m/s (without vortex generators)

The small amount of torque developing on the blades at start up is mainly due to the blades operating at very high angle of attack. The variation of angle of attack of one of the blades with time is displayed in Figure 34. It is clear that the angle of attack range of the blade is much smaller when it is rotating at the optimum TSR. These very high angles of attack experienced by the blade at start-up clearly lead to a massive flow separation and blade stall.

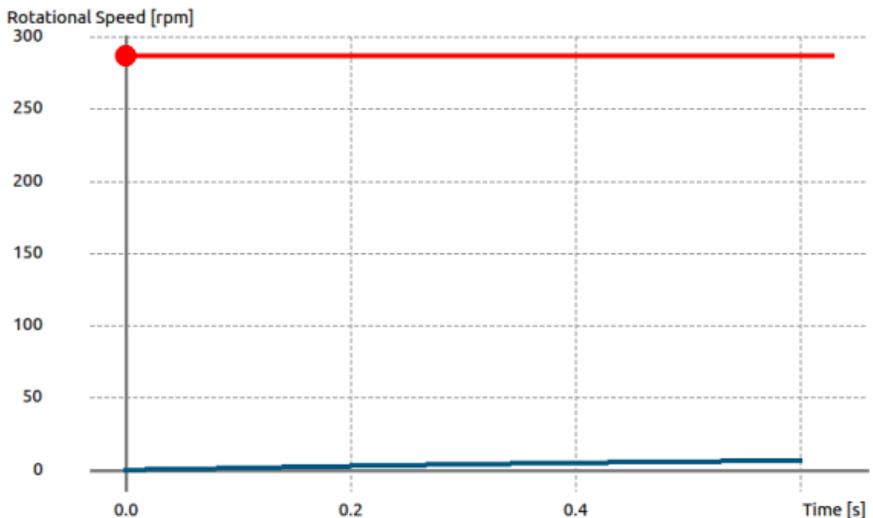


Figure 32 Variation of angular speed with time.(Red curve: Simulation at the optimum TSR. Blue curve: Simulation from start-up)

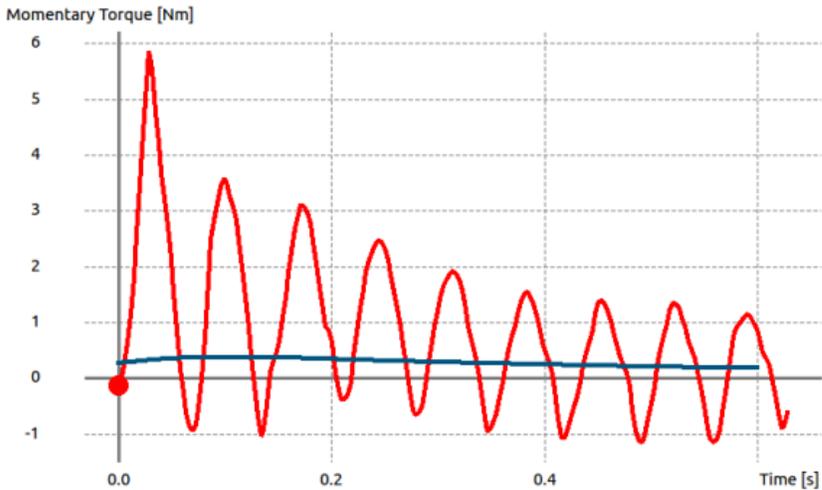


Figure 33 Variation of rotor torque with time.(Red curve: Simulation at the optimum TSR. Blue curve: Simulation from start-up)

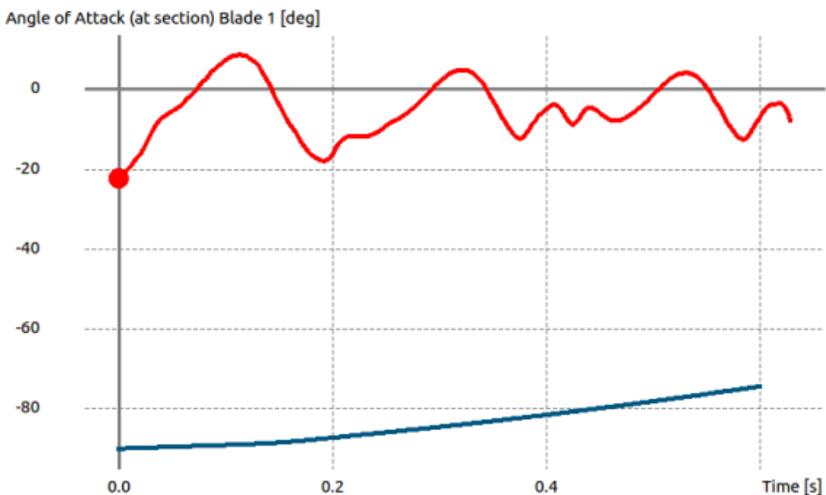


Figure 34 Variation of angle of attack of one of the blades with time.(Red curve: Simulation at the optimum TSR. Blue curve: Simulation from start-up)

3. Application of Vortex Generators

Vortex generators are small fins which are typically attached to the suction surface of a wing (or a blade) to prevent or delay flow separation. It has been widely used in aviation industry however, applications for wind turbines is not uncommon (Hansen, et. al., 2016). Vortex generators generate vortices which energize the boundary layer and this way they may delay flow separation (Gyatt, 1986). This way they improve the

aerodynamic performance of the blades. In this study, small rectangular vortex generators are attached on the suction surfaces of the turbine blades. Here, a counter-rotating configuration is used with three different height values as mentioned in the Introduction section.

In order to simulate a rotor start up procedure one has to couple the flow simulator with a (typically a 6 degree-of-freedom) dynamics solver. The QBlade software can simulate the rotor start-up procedure for a VAWT. However, it includes double-multiple stream tube and nonlinear lifting line methodologies which rely on two-dimensional airfoil data. Hence, it cannot handle blade geometries with vortex generators. Therefore, a more sophisticated computational fluid dynamics (CFD) solver is required. The open source CFD software OpenFOAM is used for this purpose (<https://openfoam.org/>). Numerical solutions are obtained using the `pimpleDyMFoam` solver of OpenFOAM along with the `dynamicMotionSolverFvMesh` utility, which provides fluid-structure interaction via mesh motion. Structured meshes are constructed using the open source mesh generation software `cfMesh` (<https://sourceforge.net/projects/cfmesh/>). Here, the mesh spacing is kept same for all geometries. A cross-sectional view of mesh for rotor with 0.5% high vortex generators is displayed in Figure 35. In this figure the circular region is allowed to move with the blades while the region surrounding it is stationary. Sliding mesh conditions are applied at the interface.

Since CFD solutions take considerable time, numerical predictions are performed only for a 40 ms of real time. The moments of inertia of the rotors are taken as 0.001 kg.m^2 . Although this is an unrealistically low value, it is taken like this in order to see some speed up in such a short time. Figure 36 shows the variation of angular speed with time for the plain rotor and rotors with different vortex generators described before. It is clear that the presence of the vortex generators had a negative effect on the start-up performance even though they were expected to improve it. The effect became worse as the size of the generator increased. This was mainly because that at the initial phases of the start up the vortex generators not only failed to delay separation but also they increased the drag force on the blades.

Contours of relative fluid velocity around the mid-section of the blades at the final simulation time are displayed in Figure 37, Figure 38 and Figure 39. In these figures the image on the left belongs to the rotor with plain blades while the image on the right belongs to the blades with 0.5% high vortex generators. The low velocity (blue) regions in these figures indicate separated flow regions, which mainly occurred at the pressure side of blade 1 and 3, and they are slightly larger for the rotor with vortex generators. On the other hand, the high velocity (red) regions correspond to regions of low pressure and it is desirable to have them on

the suction side of the blades. Investigating the figures also shows that compared to the rotor with vortex generators, the rotor with plain blades has lower pressure on the suction side.

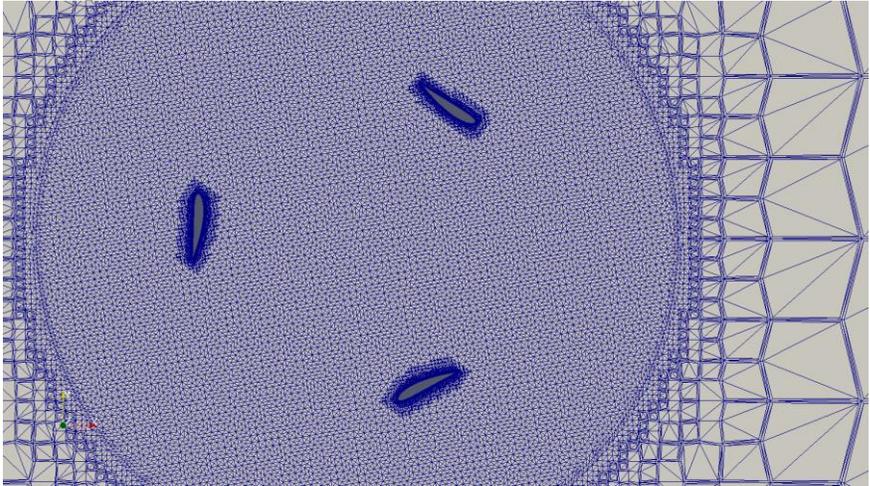


Figure 35 Cross-section of the computational mesh (with 0.5% high vortex generator)

The results presented here indicate that the presence of vortex generators had a negative impact on the start-up performance of the rotor analyzed. However, these results may be misleading because, simulations were performed only for a very small amount of real time and the moment of inertia of the blades were taken to be too small, which caused the blades accelerate too quickly. Simulations should be repeated by setting an appropriate moment of inertia for the blades and for a longer real time.

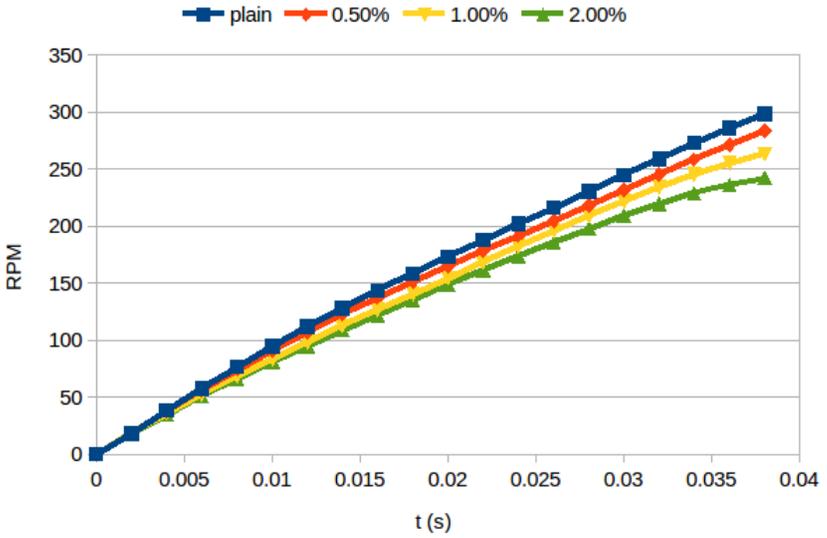


Figure 36 Variation of rotor angular speed with time. (5 m/s wind speed)

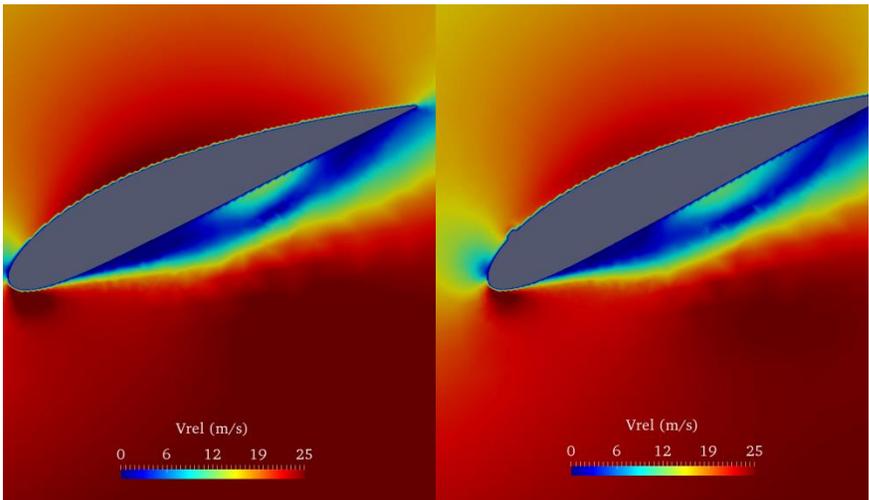


Figure 37 Relative velocity contours at the final time around blade 1. (Plain blade on the left and blade with 0.5% high vortex generator on the right)

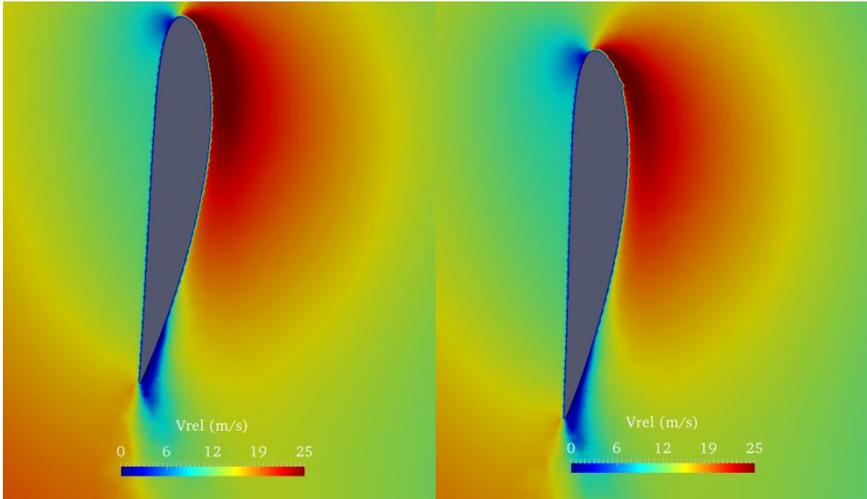


Figure 38 Relative velocity contours at the final time around blade 2. (Plain blade on the left and blade with 0.5% high vortex generator on the right)

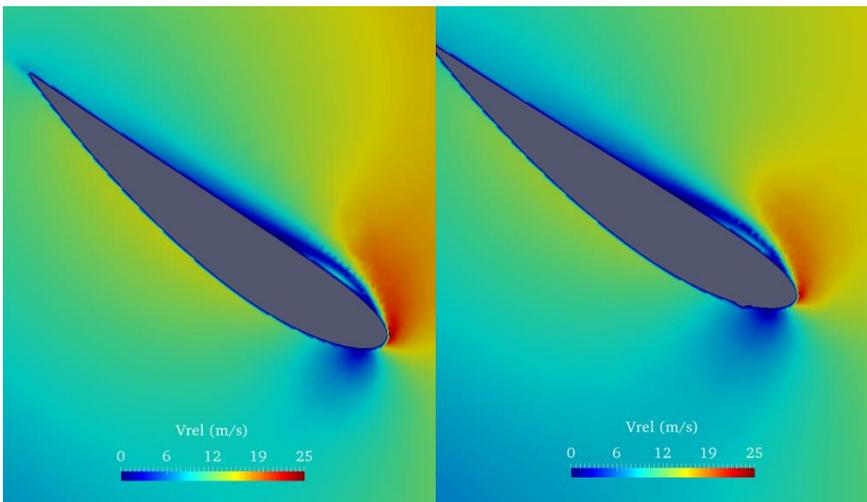


Figure 39 Relative velocity contours at the final time around blade 3. (Plain blade on the left and blade with 0.5% high vortex generator on the right)

4. Conclusions

The effect of placing vortex generators on the suction sides of the blades of a three bladed vertical axis wind turbine rotor, on its start-up performance was analyzed. Numerical simulations were performed using CFD and the *pimpleDyMFoam* solver of the open source CFD software

OpenFOAM is used for this purpose. The rotor is allowed to rotate from rest and the fluid-structure interaction was handled using the *dynamicMotionSolverFvMesh* utility of OpenFOAM. The start-up performance of a rotor without vortex generators was predicted and compared with the start-up performance of rotors fitted with vane type vortex generators of three different sizes. Since the CFD solutions required considerable computer sources and time, the total simulation time were taken to be very small. As a result the moments of inertia of the blades were set to an unrealistically small value in order to observe fast acceleration in this small simulation time.

CFD predictions showed that the presence of the vortex generators had a negative effect on the start-up performance of the rotor and this negative effect became worse as the size of the vortex generator increased. However, these results were argued to be misleading because of the very small simulation time and rotor moment of inertia used. More simulations with realistic rotor properties and longer simulation times will be needed to reach better conclusions.

REFERENCES

Beri, H., & Yao, Y. (2011). Effect of camber airfoil on self starting of vertical axis wind turbine. *J. Environ. Sci. Technol*, 4(3), 302-312.

Danao, L. A., Qin, N., & Howell, R. (2012). A numerical study of blade thickness and camber effects on vertical axis wind turbines. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 226(7), 867-881.

Dominy, R., Lunt, P., Bickerdyke, A., & Dominy, J. (2007). Self-starting capability of a Darrieus turbine. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 221(1), 111-120.

Douak, M., & Aouachria, Z. (2015). Starting Torque Study of Darrieus Wind Turbine. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Mathematical, Computational, Physical, Electrical and Computer Engineering*, 9(8), 476-481.

Gyatt, G. W. (1986). Development and testing of vortex generators for small horizontal axis wind turbines (No. DOE/NASA-0367-1; NASA-CR-179514; AV-FR-86/822). AeroVironment, Inc., Monrovia, CA (USA).

Hansen, M. O. L., Velte, C. M., Øye, S., Hansen, R., Sørensen, N. N., Madsen, J., & Mikkelsen, R. (2016). Aerodynamically shaped vortex generators. *Wind Energy*, 19(3), 563-567.

Hill, N., Dominy, R., Ingram, G., & Dominy, J. (2009). Darrieus turbines: the physics of self-starting. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 223(1), 21-29.

Marten, D., Lennie, M., Pehlivanoglu, G., Nayer, C.N., Paschereit, C.O., (2015) Implementation, Optimization and Validation of a Nonlinear Lifting Line Free Vortex Wake Module within the Wind Turbine Simulation Code QBlade, *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*.

Paraschivoiu, I., (2002) *Wind Turbine Design: with Emphasis on Darrieus Concept*, Montreal: Polytechnic International Press, 2002.

Wood, D. (2011). Small wind turbines. In *Advances in wind energy conversion technology* (pp. 195-211). Springer, Berlin, Heidelberg.

Worasinchai, S., (2012) *Small Wind Turbine Starting Behaviour*, Durham theses, Durham University. Available at Durham E-Theses Online: <http://etheses.dur.ac.uk/4436>.

DENİM KUMAŞLARDA FARKLI YIKAMA UYGULAMALARININ RENK DEĞERLENDİRMESİ

Color Evaluation in Different Washing Applications On Denim Fabrics

**Fusun DOBA KADEM*, Şehpal ÖZDEMİR*, Deniz CİVAN
YİĞİT***

*Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği
Bölümü

Öz: Denim, genellikle 1/2, 2/1 ya da 3/1 dimi yapısında dokunan, boyamasında indigo kullanılan ağır bir kumaştır. Değişen ve gelişen moda endüstrisinde denim performans özellikleri çok etkili olsa da renk, görünüş, tuşe gibi özellikler alıcıda albeni oluşturmaktadır. Bu çalışmada seçilmiş bir denim işletmesinde (BOSSA Denim ve Spor Giyim İşletmeleri-ADANA) siyah boyama, indigo boyama ve siyah/siyah boyama olmak üzere 3 farklı denim boyama uygulaması seçilmiştir. Bu 3 kumaşa 3 farklı renk derinleştirici kimyasal 4 farklı reçete ile uygulanmıştır (12 numune). Uygulama sonrasında elde edilen tüm kumaşlara işletmede yapılan endüstriyel yıkamalardan rins, enzim ve taş yıkamalar yapılmıştır. Yıkama sonrasında da kumaşların renk değerleri spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür. Spektrofotometre cihazında renk analizi yaparken CIELAB renk sistemi temel alınmaktadır. Uygulama sonrası renkler analiz edildiğinde, 2 numaralı reçete uygulamasının tüm boyamalarda ve yıkamalarda renkte koyulaşmayı sağladığı görülmüştür. Her bir reçete için yapılan rins, enzim ve taş yıkama uygulamalarında renk değerlerinde farklılıklar olduğu görülmüştür. Renk farklılığı(ΔE) sonuçlarına bakıldığında da en büyük ΔE değeri, beklediği gibi 2 nolu reçete uygulamasından elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Denim, İndigo, Spektrofotometrik analiz, Renk derinleştirici.

Abstract: The denim is a heavy fabric that is woven at the 1/2, 2/1 or 3/1 twill, usually with indigo dye. In a changing and evolving fashion industry, performance features are very effective, but features such as color, appearance, and touch make the buyer attract. In this study, three different dyeing applications, black dyeing, indigo dyeing and black / black dyeing, were selected in a denim mill (BOSSA -ADANA). These 3 fabrics were applied with 3 different color-deepening chemicals 4 different prescriptions (12 samples). All fabrics were washed with rinse, enzyme and stone washing the application. The color values of the fabrics were also measured by a spectrophotometer after all washings. CIELab color system is based on color analysis in spectrophotometer.

After the application, when the colors were analyzed, it was seen that the 2nd recipe application made color darker in all dyes and washings. It has been observed that there are differences in the color values of rinse, enzyme and stone washing applications and each prescription. When looking at the color difference (ΔE) results, the greatest ΔE value was obtained from 2nd recipe application as expected.

Key words: Denim, Indigo, Spectrophotometric analysis, Color-deepening.

1. Giriş

Levi Strauss adındaki bir Amerikalı'nın 1850 yılında altın arayıcıları için çadır bezinden yapmış olduğu iş pantolonundan yola çıkan denim, dünyada en çok üretilen giysi türüdür. Zorlanmaya maruz kısımlarında çakma perçinler kullanılarak daha da sağlamlaştırılan denim kumaştan dikilmiş pantolonlar, önceleri Amerika'da fabrika, maden, demiryolu işçileri ve çiftçiler tarafından kullanılmış, II. Dünya Savaşı'ndan sonra bütün dünyaya yayılmıştır. Günümüzde ise her yaşta ve her kesimden kullanıcıya hitap etmektedir. Spor giyim alanında genişleyen dünya

pazarında denim kumaşı günümüzde üstün bir pozisyonadır. % 100 pamuklu klasik denim kumaşların yanı sıra pamuk, polyester, modal, tencel gibi karışımli kaliteler de yıllardır kullanılmaktadır (Kunt, 2004).

Denim, genellikle 1/2, 2/1 ya da 3/1 dimi yapısında dokunan, boyamasında indigo kullanılan ağır bir kumaştır. Aşınma ile oluşan eskimiş hava ise denim kumaşların en büyük özelliğidir. Aşınma başladıkça iç dokudaki beyazlık ortaya çıkmakta ve beğenilen eskimiş hava yaratılmaktadır Denim kumaşların boyanmasında kullanılan indigo; indigofera tinctoria bitkisinin yapraklarından üretilmiştir (Akçakoca, 2011).

Denim giysiler, Türkiye’de dokuma konfeksiyon sanayinin önemli üretim dallarından biridir ve bu ürün grubunun 2018 ocak-mart aylarında Türkiye’nin dokuma konfeksiyon ihracatı içerisindeki payı %27,4 oranında olmuştur (ITKIB, 2018).

Denimin üretim prosesi kullanılacak ipliklerin üretimi ve denim kumaşa karakteristik özelliğini kazandıran indigo boyarmaddenin ve son yıllarda değişik renk efekti ve farklı kullanım özellikleri kazandıran diğer boyarmaddelerin (kükürt, küp, reaktif vb.), denim kumaşın çözgüsünü oluşturacak ipliklere aktarılması işlemi ile başlamaktadır. Boyama işleminden sonra gelen haşıl işlemi, özellikle denim dokumacılığında kalite ve randımanı doğrudan etkileyen önemli bir işlemdir. Haşıl, ipliklerin üzeri kuvvetlendirici bir filmle kaplanmaktadır, böylece dokuma esnasında oluşabilecek iplik kopuşları minimize edilebilmektedir. Haşılama işleminden sonra dokuma işlemi tamamlanan kumaşlar görünüm ve kullanım özelliklerinin geliştirilmesi, kullanıma uygun hale gelebilmesi için terbiye makinelerinde birtakım fiziksel ve kimyasal işlemlere sokulmaktadırlar. Konfeksiyon sonrası giyilebilecek duruma gelen denim ürünler, moda taleplerine göre ya kuru halde (yıkandıktan) müşteriye ulaştırılır ya da 1970’lerde uygulanmaya başlanan ve günümüzde ayrı bir moda oluşumunu sağlayan çeşitli yıkama işlemlerine tabi tutulur (Kunt, 2004).

1.1. Spektrofotometrik Renk Analizi

Herhangi bir rengin sayısal değerlerden yararlanılarak yapılan ölçümü ve değerlerin başka yer ve zamanda karşılaştırılması işlemi Spektrofotometrik Renk Analizi olarak tanımlanmaktadır. Spektrofotometre cihazında renk analizi yaparken CIE Lab renk sistemi temel alınmaktadır. CIE Lab sisteminde L, a, b değerleri ile ΔE renk farklılığı değerleri ölçülüp kıyaslanabilmektedir.

Bu çalışmada ölçümler için Minolta marka CM 3600 D model spektrofotometre kullanılmıştır. Renk farklılıklarının hesaplanması için de Real Colour 1.3® ve CHROMA CMY® yazılımlarından faydalanılmıştır. Renk farklılıkları tespit edilirken yapılan ölçümlerde, L

değeri açıklık-koyuluk, a değeri kırmızılık-yeşillik , b değeri sarılık-mavilik ifadesidir.

1.1. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Organizasyonu

Değişen ve gelişen moda endüstrisinde denimin performans özellikleri çok etkili olsa da renk, görünüş, tuşe gibi özellikler alıcıda albeni oluşturmaktadır. Bu nedenledir ki, koleksiyonlar hazırlanırken renk, görünüş, yıkama, tuşe özellikler ön plana çıkar.

Her dönemin kendine has özellikleri, moda akımlarını oluşturmaktadır. Bunlar toplumlara göre şekillenerek özgünleşir, gelişir, değişir ve çeşitlenir. Üretici firmalar bu akımları yakalamak ve akımların getirdiği taleplere cevap vermek mecburiyetindedirler. Bunu da, ürün geliştirme çalışmalarıyla yapmak mümkündür. Renk çalışmaları da bu yelpazeyi genişletmekte kilit rol oynamaktadır.

Bu çalışmada seçilmiş bir denim işletmesinde (BOSSA Denim ve Spor Giyim İşletmeleri-ADANA) siyah boyama, indigo boyama ve siyah/siyah boyama olmak üzere 3 farklı denim boyama uygulaması seçilmiştir. Bu 3 kumaşa 3 farklı renk derinleştirici kimyasal 4 farklı reçete ile uygulanmıştır. Uygulama sonrasında elde edilen tüm kumaşlara işletmede yapılan endüstriyel yıkamalardan rins, enzim ve taş yıkamalar yapılmıştır. Yıkama sonrasında da kumaşların renk değerleri spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür.

2. Önceki Çalışmalar

J.H.Xin ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada çeşitli parametrelerin çözümlerini indigo ile boyanmasına etkilerini incelemiştir. Bu parametreler; boya konsantrasyonu, dip sayısı, boya banyosu pH'ı, indirgen madde miktarı, oksidasyon süresi ve sıcaklığıdır. Bu parametreler yalnızca renk tonun değil, renk derinliğini de etkilemektedir. Bu, boyama parametreleri değiştiğinde değişen renk ölçüm sonuçları ile açıkça görülmüştür. İndigo konsantrasyonu, dip sayısı ve oksidasyon sıcaklığı renk değişim oranı ile doğru orantılı olarak sonuçlanmıştır. pH değeri belli bir optimal seviyeye kadar rengi etkilerken yükselen bir grafik çizmektedir. Ancak yaklaşık 12 pH'da grafik azalan bir eğriye dönmüştür.

N.Meksi ve arkadaşları (2007), denimin klasik indigo boyamasında indirgen madde olarak kullanılan sodyum ditiyonit (sık bilinen adıyla sodyum hidrosülfid: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) yerine sodyum borohidrid (NaBH_4) kullanmıştır. Leuko formdaki indigo konsantrasyonunu ölçmek için bir potansiyometrik titrasyon prosesi yerleştirilmiştir. Sıcaklık ve indirgen madde parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Bu çalışma göstermiştir ki; maksimum indigo randımanı $55\text{ }^\circ\text{C}$ 'de, %1 indirgen madde ölçüsünde alınmıştır. Boyama sonuçları renk ölçümü yapılarak da incelenmiştir. En efektif renk sonucu $40\text{ }^\circ\text{C}$, %1 indirgen madde kullanılarak alınmıştır.

Gorensek ve ark. (2008), çalışmalarında sıcaklık, pH ve Sodyum Oksit Silisyum Oksit (SOSO) ilavesinin dip boyama prosesi esnasında

ilavesinin boyanabilirlik üzerine etkisini ölçmeyi amaçlamıştır. Sonuçlar incelendiğinde, boyama teknesi sıcaklığının pamuklu çözümlü renk randımanını büyük ölçüde etkilediği ortaya çıkmıştır.

Toksöz M. ve Mezarlıoğlu S. (2013), çalışmalarında denim terbiyesinde uygulanan yıkama işlemlerinden bazılarını ele almış ve bu yıkamaların kumaşların kopma mukavemeti ve boyut değişimine etkisini incelemiştir.

Tölek Ş. Ve Doba Kadem F. 2015 yılında yaptıkları bir çalışmada indigo+sülfür boyamaya ilave bir boyama adımı ekleyerek yenilikçi bir uygulama yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde yeni uygulama sonucu çıkan rengin, referans renge göre daha ağır yıkamalarda dahi koyu kaldığı gözlenmiştir. Haslık sonuçlarında da kötüleşme olmadığı tespit edilmiştir.

3. Materyal-Metot

Numunelerin üretim parametreleri aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir.

Tablo 1. Numune Üretim Parametreleri

| Numune Adı | Siyah | İndigo | Siyah/siyah |
|----------------------------|--|--|--|
| Atkı İpliği Numarası (Ne) | 16,5 | 16,5 | 16,5 |
| Çözgü İpliği Numarası (Ne) | 13,5 | 13,5 | 13,5 |
| Atkı Sıklığı (atki/cm) | 21 | 21 | 21 |
| Çözgü Sıklığı (tel/cm) | 32 | 32 | 32 |
| Kumaş Kompozisyonu | 98% Pamuk+2% Elastan | | |
| Kumaş Eni (cm) | 135 | 135 | 138 |
| Terbiye İşlem Şartları | Tek yüz yakma Merserizasyon (NaOH-18° Bè) Yıkama (40° C) Yumuşatıcı apre Sanforizasyon | Tek yüz yakma Merserizasyon (NaOH-18° Bè) Yıkama (40° C) Yumuşatıcı apre Sanforizasyon | Tek yüz yakma Kükürt boyama Yumuşatıcı ve haslık iyileştirici apre Sanforizasyon |

Üretilen kumaşlara uygulanan endüstriyel yıkama prosesleri Tablo 2’de verilmiştir. Ayrıca çalışmanın temel amacı olan renk derinleştirmeyi sağlaması beklenen, sikon esaslı renk derinleştirici kimyasalların kullanım reçeteleri ile ilgili detaylı bilgilere aşağıdaki tabloda yer verilmiştir. Uygulamada 3 farklı kimyasal 4 farklı reçete ile denenmiştir. Kimyasal uygulanmış ve uygulanmamış kumaşların renk değerleri hem yıkanmadan ölçülmüş, hem de 3 farklı endüstriyel yıkama sonunda ölçülmüştür.

Tablo 2. Endüstriyel Yıkama İşlem Adımları

| Yıkama Şekli | Uygulama Şekli |
|--------------|---|
| Rins Yıkama | 2' 30 °C su |
| Enzim Yıkama | 30' 45°C, Selüloz enzimi Dispergator |
| Taş Yıkama | 30' 45°C ponza taşı ile işlem Dispergator Abrasyon önleyici enzim |

Tablo 3. Uygulama Reçeteleri

| Reçete No | pH | Miktar(g/l) | Kurutma/Fikse | İlave Kimyasallar |
|-----------|-------|-------------|---|-------------------|
| 1 | 5-5,5 | 40 | 130 °C kurutma | Islatıcı 2 g/l |
| 2 | 5-5,5 | 80 | 130 °C kurutma | |
| 3 | 5-6 | 30 | 130 °C kurutma 170 °C 1' fikse | |
| 4 | 5-5,5 | 40 | 130 °C kurutma | |

4. Sonuçlar

Farklı renk derinleştirici kimyasal reçeteleri uygulanmış, farklı yıkama gücü ve yıkama prosesleriyle yıkanmış numune kumaşların spektrofotometrik renk ölçümlerinin sonuçları İndigo boya ile boyanmış numuneler için Tablo 4’de, Siyah boya ile boyanmış numuneler için Tablo 5’de ve Siyah/siyah boya ile boyanmış numuneler için Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 4. İndigo Boyanmış Numuneler İçin Spektrofotometrik Analiz Sonuçları

| Numune Adı | | Uygulama | L | a | b |
|------------|------------|----------|--------------|-------------|---------------|
| Boya ma | Yıkama | | | | |
| İndigo | Yıkanmamış | İşlemsiz | 23,06 | 1,08 | -5,8 |
| | | 1 | 21,07 | 0,95 | -5,96 |
| | | 2 | 20,89 | 0,9 | -5,41 |
| | | 3 | 22,27 | 1,07 | -6,03 |
| | | 4 | 22,21 | 1,01 | -6,13 |
| | Rins | İşlemsiz | 18,92 | 1,51 | -6,22 |
| | | 1 | 17,91 | 1,09 | -6,98 |
| | | 2 | 17,66 | 1,03 | -6,7 |
| | | 3 | 18,84 | 1,04 | -7,21 |
| | | 4 | 18,35 | 1,1 | -7,31 |
| | Enzim | İşlemsiz | 17,95 | 1,21 | -8,71 |
| | | 1 | 17,97 | 0,82 | -9,56 |
| | | 2 | 17,6 | 0,67 | -9,3 |
| | | 3 | 18,39 | 0,91 | -10,16 |
| | | 4 | 18,29 | 0,93 | -10,32 |
| | Taş | İşlemsiz | 21,32 | 0,5 | -12,3 |
| | | 1 | 22,94 | 0,38 | 12,79 |
| | | 2 | 21,02 | 0,08 | 12,46 |
| | | 3 | 22,8 | - | - |

| | | | | | |
|--|--|---|-----------|----------|-------------------|
| | | | | 0,25 | 13,14 |
| | | 4 | 21,2 8 | 0,2 2 | - 12,74 |

Tablo 5. Siyah Boyanmış Numuneler İçin Spektrofotometrik Analiz Sonuçları

| Numune Adı | | | L | a | b |
|------------|----------------|--------------|-------------------|------------------|------------------|
| Boyama | Yıkama | Uygulam a | | | |
| Siyah | Yıkanma mış | İşlemsiz | 27,0 5 | 0, 59 | - 0,64 |
| | | 1 | 25,2 2 | 0, 50 | - 0,96 |
| | | 2 | 23,1 8 | 0, 41 | - 1,11 |
| | | 3 | 26,0 5 | 0, 37 | - 1,23 |
| | | 4 | 26,1 6 | 0, 42 | - 1,16 |
| | Rins | İşlemsiz | 21,4 4 | 0, 59 | - 1,14 |
| | | 1 | 20,4 9 | 0, 33 | - 1,74 |
| | | 2 | 20,2 5 | 0, 32 | - 1,65 |
| | | 3 | 22,1 6 | 0, 2 | - 2,01 |
| | | 4 | 21,6 3 | 0, 23 | - 1,98 |
| | Enzim | İşlemsiz | 21,3 5 | 0, 55 | - 0,77 |
| | | 1 | 21,7 6 | 0, 15 | - 2,34 |
| | | 2 | 20,8 1 | 0, 23 | - -2 |
| | | 3 | 23,0 1 | 0 | - 2,6 |
| | | 4 | 22,2 8 | 0, 1 | - 2,57 |
| | Taş | İşlemsiz | 26,8 3 | 0, 37 | - 1,5 |
| | | 1 | 23,9 | 0, | - |

| | | | | |
|--|---|--------------|-------------|-------|
| | | 3 | 09 | 2,59 |
| | 2 | 23,37 | 0,12 | -2,42 |
| | 3 | 25,88 | 0,03 | -2,73 |
| | 4 | 25,48 | 0,05 | -2,82 |

Tablo 6. Siyah/Siyah Boyanmış Numuneler İçin Spektrofotometrik Analiz Sonuçları

| Numune Adı | | | L | a | b |
|-------------|------------|----------|--------------|-------------|--------------|
| Boyama | Yıkama | Uygulama | | | |
| Siyah/Siyah | Yıkanmamış | İşlemsiz | 15,12 | 1,03 | -0,26 |
| | | 1 | 13,48 | 0,84 | -0,72 |
| | | 2 | 12,75 | 0,67 | -1,03 |
| | | 3 | 13,82 | 0,77 | -1,45 |
| | | 4 | 14,06 | 0,79 | 1,32 |
| | Rins | İşlemsiz | 14,25 | 0,85 | -0,67 |
| | | 1 | 12,88 | 0,86 | -0,73 |
| | | 2 | 12,23 | 0,71 | -1,12 |
| | | 3 | 13,55 | 0,75 | -1,55 |
| | | 4 | 13,51 | 0,78 | -1,45 |
| | Enzim | İşlemsiz | 15,55 | 0,61 | -0,76 |
| | | 1 | 14,32 | 0,67 | -1 |
| | | 2 | 13,1 | 0,82 | -0,99 |
| | | 3 | 15,28 | 0,5 | -1,65 |
| | | 4 | 15,26 | 0,55 | -1,75 |
| | Taş | İşlemsiz | 18,59 | 0,39 | -1,04 |
| | | 1 | 17,44 | 0,25 | -1,42 |
| | | 2 | 14,12 | 0,47 | -1,45 |
| | | 3 | 18,61 | 0,11 | -2,12 |
| | | 4 | 18,05 | 0,15 | -2,05 |

Tüm yıkamalar ve boyama renkleri düşünüldüğünde;

✓ Uygulama sonrası renkler analiz edildiğinde, 2 numaralı reçete uygulamasının tüm boyamalarda ve yıkamalarda renkte koyulaşmayı sağladığı görülmüştür.

✓ Yapılan 3 yıkama (Ry=Rins yıkama, Ey=enzim yıkama, Ty=taş yıkama) gittikçe ağırlaşan yıkamalardır. Hafif yıkamalarda yine ve 3 no'lu reçetelerin uygulamasının kırmızılık değerlerinin diğer uygulamalara göre daha az olduğu tespit edilmiştir.

✓ Taş yıkamada ise 3 no'lu reçete rengi yeşile götürmüştür.

✓ 3 no'lu uygulama renklerinin daha mavi olduğu sonucuna varılmıştır.

*Çalışmada kullanılan kumaşların temini ve uygulama esnasındaki desteklerinden dolayı **BOSSA Denim İşletmeleri Ar-Ge Merkezi'ne** (Adana) teşekkür ederiz.*

5. Kaynaklar

Akçakoca Kumbasar, P., (2011). Denim Boyama ve Bitim İşlemleri, Bossa Semineri, 76 Sayfa.

İTKİB, Hazirgiyim Ve Konfeksiyon Sektörü İhracat Performans Değerlendirmesi, <http://www.ithib.org.tr/tr/bilgi-merkezi-raporlar-aylik-ihracat-degerlendirme-bilgi-notlari-2017.html> Erişim Tarihi: 28/04/2018.

Kunt, A., 2004. Denim Kumaşlarda Konfeksiyon Sonrası Yapılan İşlemlerin Kumaş Mekanığı Üzerine Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 96 Sayfa.

Xin, J.H., Chong, C.L., Tu, T., (2000). Colour Variation In The Dyeing Of Denim Yarn With Indigo, JSDC Volume 116, Sf:260-265.

Meksi, N., Kechida, M., Mhennia, F., (2007). Cotton Dyeing By Indigo With The Borohydride Process: Effect Of Some Experimental Conditions On Indigo Reduction And Dyeing Quality, Chemical Engineering Journal, Sayı:131 (2007) Sf:187-193.

Gorensek, M., Meden, A., (2008). Parameters Influencing Dyeability Of Cotton Warp At Dip-Dyeing For Jeans, Textile Research Journal, Vol. 78, 6, Pp. 524-531.

Toksöz, M. ve Mezarciöz, S., (2013). Denim Kumaşlara Uygulanan Özel Yıkama Uygulamaları. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(2):141-147.

Tölek, Ş., Doba Kadem F, (2015). A Research On Colour Analysis And Fastness Properties Of A Denim Fabric Dyed With An Innovative Method, 15th Autex World Textile Conference, June 10-12, 2015, Bucharest, Romania.

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN BİR ORTAÖĞRETİM EĞİTİM KURUMUNDAKİ AYDINLATMA KOŞULLARININ İNCELENMESİ

*Investigation of Lighting Conditions in a Secondary Education Institution
in Terms of Occupational Health and Safety*

Cem BOĞA* & Sait M. SAY & Naime Filiz (TÜMEN) ÖZDİL*****

Öz: Çalışanların işlerini yapabilmeleri için, sağlıklı bir şekilde görerek çevresinde olup biteni fark edebilmeleri gerekmektedir. Kişinin görsel algılamasına yardımcı olabilecek unsurlardan olan ışık ve aydınlatma işyeri ortamındaki önemli fiziksel faktörlerdendir. Aydınlatma yöntemlerinin doğru ve uygun tasarlanması hem iyi bir görüş alanı sağlayarak göz sağlığını koruyacak ve dolayısıyla iş verimini attıracaktır hem de gereksiz aydınlatma maliyetlerinden kaçınarak ekonomiğe katkısı olacaktır. Kötü aydınlatma koşullarının sonucunda kişi üzerinde göz yorgunluğu başta olmak üzere baş ağrısı, göz kuruluğu, göz tahrişi, göz kaşıntısı, göz yaşarması ve görme bozukluğu gibi olumsuz sağlık etkileri gözlemlenebilir. Ayrıca karanlık bir yerden aydınlık bir yere geçişte ya da tam tersi durumlarda yani çok aydınlık bir bölgeden kısmen daha az aydınlık bölgeye geçişteki adaptasyon zorluğu kazalara neden olabilecektir. Özellikle bu durum ortaöğretim kurumlarında çalışan öğretmenler için koridorlarda ve merdivenlerde kayma, takılma ve düşme gibi kaza durumlarını doğurmaktadır. Bu çalışmada Adana ili Sarıçam ilçesine bağlı bir ortaokulun dersliklerinde, idari odalarında, öğretmenler odasında, koridorlarında ve merdivenlerinde değişik noktalardan aydınlatma şiddetleri ölçülmüş ve standartlarla karşılaştırılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre, dersliklerde tamamen doğal aydınlatma koşullarında 7 tekerrürlü ölçüm sonucu (pencerelere yakın sıralar, orta sıralar ve pencereye en uzak sıralar, öğretmen masası, tahta önü) ortalama 149 lüks, tamamen perdeler ve yapay aydınlatıcıların açık olduğu koşullarda ise 335 lüks değerleri ölçülmüştür. Müdür yardımcısı odasında ortalama 884±224 lüks, öğretmenler odasında perdeler yarı yarıya kapalı, yapay aydınlatma olmadığı ve pencerelere yakın ve uzak olma durumlarına göre ortalama 580 lüks, yine öğretmenler odasında perdeler tam açık yapay aydınlatma olmadığı durumlarda ortalama 675 lüks ölçülmüştür. Koridorlarda yapılan ölçümler heterojen aydınlık koşulları nedeniyle üç farklı bölgeye ayrılarak aydınlık şiddeti değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre koridorlarda aydınlatıcılar kapalı durumda ortalama 180±43 lüks ve aydınlatıcılar açık durumda ortalama 246±26 lüks değerleri ölçülmüştür. Merdivenlerde doğal aydınlatma ve aydınlatıcıların açık olduğu koşullarda sırasıyla ortalama 78±19 ve 168±38 lüks değerinde aydınlatma şiddeti değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar TS EN 12464-1 standardına göre değerlendirilmiş ve uygunluğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ortaokul, fiziksel risk etmenleri, aydınlatma, öğretmenler, ışık şiddeti

Abstract: In order for employees to be able to do their jobs, they need to be able to see what is happening around them in a healthy way. Light and lighting from the elements that can help visual perception of the person are important physical factors in the

* (Dr. Öğr. Üyesi); Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi. cboga@adanabtu.edu.tr

** (Doç. Dr.); Çukurova Üniversitesi. saitsay@cu.edu.tr.

*** (Doç. Dr.); Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi. fozdil@adanabtu.edu.tr

workplace environment. Proper and proper design of the lighting methods will contribute to the economy by providing a good field of view, protecting the eyesight and thus reducing work efficiency and avoiding unnecessary lighting costs. As a result of poor lighting conditions, negative health effects such as headache, eye strain, eye irritation, eye irritation, eye damage and visual impairment can be observed on the person, especially eye fatigue. It may also lead to an adaptation difficulty in transit from a dark place to a bright place, or vice versa, ie from a very bright region to a partially less bright region. Especially, this situation causes accidents such as slipping, hanging and falling in corridors and stairs for teachers working in secondary education institutions. In this study, lighting intensities were measured and compared with the standards in a secondary school classrooms, administrative rooms, teachers' rooms, corridors and stairs of a school in Sarıçam, Adana province. According to the measurement results, the classrooms had an average of 149 lux in 7 natural repetitive measurement conditions (near window, middle and side windows, teacher table, wooden front), and in the condition that all curtains and artificial illuminators were open, 335 lux values were measured. Average of 884 ± 224 lux in the assistant manager's room, curtains half closed in the teacher's room, average 580 lux according to the situations where there is no artificial lighting and near and far from the windows, and 675 lux in the absence of fully open artificial lighting in the teacher's room. The measurements made in the corridors were divided into three different regions due to the heterogeneous lighting conditions and the luminous intensity values were measured. According to the measurement results, in the corridors, luminaries were measured as average of 180 ± 43 lux in the closed state and 246 ± 26 lux in the open state. Illumination intensity values of 78 ± 19 and 168 ± 38 lux values were measured respectively in the natural lighting and illumination conditions of the staircases, respectively. The results were evaluated according to TS EN 12464-1 standard and their suitability was observed.

Keywords: Secondary school, physical risk factors, lighting, teachers, light intensity

1. Giriş

Çalışılan ya da daha genel bir yaklaşımla sistematik olarak bulunulması gereken kapalı ortamlarda, ortam değişkenlerinin insan ile uyumunun bilimsel verilerle belirlenmesi, uygulanması ve belirli aralıklarla kontrol edilmesi iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli bir konu başlığıdır. İş yerlerinin ergonomik uygunluğunun belirlenmesinde temel yaklaşımlarından birisi, söz konusu işyerinde yürütülen faaliyetin fiziksel/zihinsel yük dengesiyle ilişkilidir. Bu konu kişi-çevre-iş ilişkisini, kişileri (çoğunlukla çalışanlar) merkeze alarak değerlendiren, kişi merkezli (client-centered) yaygın anlayışın uygulamaları içerisinde değerlendirilmektedir. Bu yaygın anlayışın tüm saha çalışmaları, günümüzde başarıyla uygulanan çalışma ortamlarının ergonomik yönetimiyle ilişkilidir. Ortamların ergonomik yönetiminin temel bileşenleri;

- Çalışan, yetenek ve kapasiteleri,
- İş çevresinin çok boyutlu etkili faktörleri ve

- İş ve süreçlerin gereklilikleridir (Jacobs, K, 2008).

Sayılan 3 bileşen arasındaki ilişkilerin çalışan merkezli olarak, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamıyla verimli bir üretime dönüştürülmesi temel hedeftir. Bir ortamda faaliyet yürüten çalışanlar, özellikle eğitim kurumlarıyla ilişkili faaliyetler için aşağıda sıralanan iş çevresi (fiziksel) faktörleri etkili bileşenlerdir (Anonymous, 2007).

- Akustik,
- Hava kalitesi ve havalandırma,
- Isıtma ve yalıtım,
- Aydınlatma,
- İç dizayn
- Fonksiyonellik ile estetik.

Belirlenmiş, yaygın kabul görmüş birtakım standartlarla, farklı özelliklerdeki çalışma ortamları için yukarıda sıralanan ortam parametrelerinin uygun ölçüm alet ve yöntemlerle değerlendirilmesi ve karşılaştırmalar yapılarak, çalışana uygun hale getirilmesi mümkündür. Özellikle aydınlatma bina içi faaliyetlerde üzerinde dikkatlice durulması gereken bir fiziksel risk etmenidir. Uygun olmayan aydınlatma tasarımı altında, çalışanlar (ortamda bulunanlar), kendilerinden beklenen faaliyetleri, etkin ve konforlu bir şekilde gerçekleştiremezler (So ve Leung, 2011). Daha da önemlisi, belirli düzeylerde risk içeren rutin dışı faaliyetlerin uygun aydınlatılmamış ortamlarda iş kazalara neden olma olasılığı bulunmaktadır. Aydınlatma yapılan iş ve işlemlerde tüm detayın görülebilmesi için gerekliyen, çalışan psikolojisi ile ilişkili etkileri olduğu da bilimsel olarak kanıtlanmıştır (Hathaway, 1995). Yetersiz ve uygun olmayan aydınlatmanın tetiklediği duygu durum, davranış ve genel psikolojide, iş kazalarının oluşmasına dönük olumsuz etkileri bulunduğu bir çok çalışmada raporlanmıştır (Küller ve ark., 2006). Özellikle eğitim kurumlarında uygun ve yeterli aydınlatmanın söz konusu olmadığı durumlarda, öğrenci-öğretmen arasında kurulması gereken öğrenim bağının kurulamamasıyla ilgili olarak verimsiz iş ortamı sorunuyla karşılaşılmaktadır. Literatürde aydınlatmanın özellikle eğitimciler üzerindeki, iş kazası oluşturma potansiyelinden çok, aydınlatma uygunsuzluğunun neden olduğu psikolojik sorunların ele alındığı çalışmalar çoğunluktadır. Örneğin, Singh ve Arora, sınıf aydınlatmasının

öğrenci ve öğretmen üzerindeki konsantrasyon performansı üzerine yürüttükleri çalışmalarında, standartlara uygun aydınlatmanın konsantrasyonla yakından ilgili olduğunu belirlemişlerdir. Buna bağlı olarak, sınıflarda yapılacak ölçümlerle konsantrasyon artışı ile öğrenme etkinliği ve sağlıklı kalma etkisinin temini için çalışmalar yürütmenin önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Çalışma kapsamında özellikle öğretmenlerin bulunduğu mekanlar ön planda tutulacak şekilde, bir ortaöğretim kurumunun farklı birimlerinde, gün içerisinde bulunma yoğunluğu da dikkate alınarak aydınlık şiddeti ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, kayma-takılma gibi iş kazalarının önlenmesine yönelik, ilgili standartlarla karşılaştırılarak önerilerde bulunulmuştur.

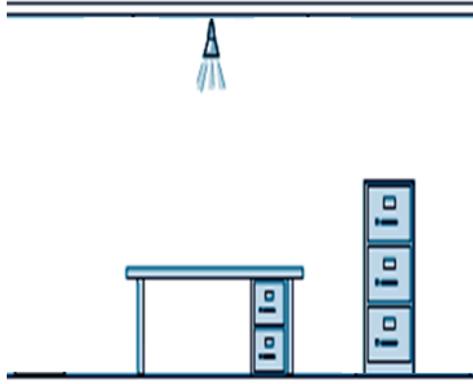
2. Işık ve Aydınlatma

Sabit kütleli sistemlerde enerji yoktan var edilemez ve yok edilemez. Işıktaki bir enerji türü olduğu için ancak bir biçimden diğerine dönüşebilir. Bu yüzden ışık, sadece enerjinin bir başka türünün dönüştürülmesiyle elde edilebilir.

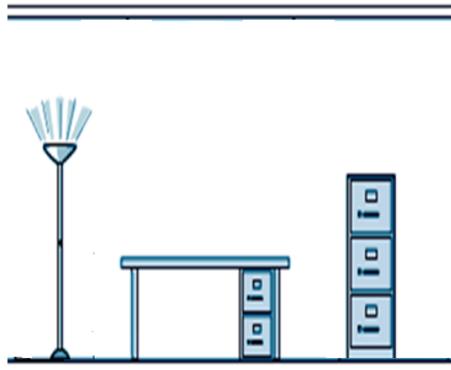
Elektrik enerjisi bir elektrik lambası aracılığıyla ışığa dönüştürülür. Bu dönüşüm ters yönde örneğin bir fotoelektrik hücrede ışık, elektrik enerjisi üretebilir. Işığın hem madde (kütle), hem de enerji (dalga) olduğu ispatlanmıştır. Işık, ışık kaynağı tarafından düz çizgiler halinde yayılan radyasyon enerjisi şeklindeki küçük dalgacıklardır.

Watt, güç birimidir. Lümen (lm) bir lambanın parlaklığını belirtirken, watt ise o lambanın yanarken harcadığı gücü ifade eder. Bir yüzeye düşen ışık miktarına aydınlatma şiddeti denir. Aydınlatma şiddetinin birimi lüktür. Lüks (lx) m² başına düşen lümen (1 lüks = 1 lümen/m²). Aydınlatma şiddeti açık bir yaz gününde 100000 lüks'ü bulur yani 1 m²'ye 100000 lümen düşer. Geceleri ise 50-500 lüks arasında değişmektedir. Kapalı bir kış gününde ise 3000 lüks civarındadır.

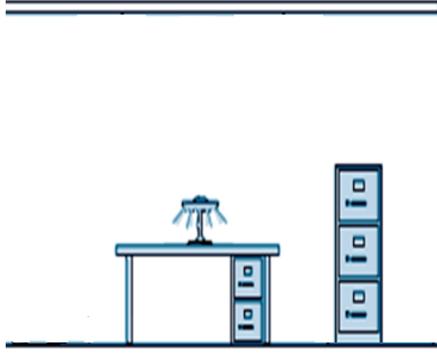
Genel olarak aydınlatma türleri doğrudan, dolaylı ve lokal olmak üzere üçe ayrılır. Eğer ışık çalışılan bölgeye Şekil 1'de görüldüğü gibi doğrudan geliyorsa doğrudan (direkt) aydınlatma, başka bir yüzeye çarptıktan sonra geliyorsa dolaylı (endirekt) aydınlatma (Şekil 2), yalnızca Şekil 3'teki gibi çalıştığımız bölge aydınlatılıyorsa bölgesel (lokal) aydınlatma olarak adlandırılır.



Şekil 1: Doğrudan (direkt) aydınlatma



Şekil 2. Dolaylı (endirekt) aydınlatma



Şekil 3. Bölgesel (lokal) aydınlatma

3. Köyü Aydınlatma Koşullarının Vereceği Zararlar

Göz, kişinin bilgiyi algılayabilmesindeki en önemli algılayıcıdır. İnsanoğlu bütün algılamının % 80 ile % 90'nını göz kanalıyla gerçekleştirir. İş koşullarında meydana gelen yorgunluğun büyük bir kısmı göz zorlanmasından kaynaklanmaktadır. Kötü aydınlatma yapılan iş ve işlemlerde hata oranlarının artmasına ve bunun yanında iş kazalarının çoğalmasına neden olmaktadır. İnsan performansı kaliteli bir aydınlatmayla %15 ve hatta bazen %40 oranında arttırılabilir.

Uygun olmayan aydınlatma sonucunda, görmede zorlanmalar, gözlerde yorgunluk, batma, yanma, kızartı hissi ve ileri derecede etkilenme ile görme fonksiyonları bozulabilir. Ayrıca, iyi derecede aydınlatılmamış bir ortamda yapılan çalışmalarda kesilme, ezilme, sıkışma, devrilme, düşme, takılma ve kayma sonucu meydana gelen iş kazaları artabilir. Bu tip iş kazalarında her ne kadar insan, çalışılan ortam ve ekipman koşulları etkili ise kötü aydınlatmanın da etkisi yadsınamayacak kadar fazladır.

4. İyi Aydınlatma Koşullarının Sağlayacağı Yararlar

İyi aydınlatılmış bir ortamın çalışanlar açısından kendilerini iyi hissetmelerinin yanı sıra, morallerinin yüksek olması ve yorgunluk hissetmemeleri gibi biyolojik ve psikolojik etkileri de bulunmaktadır. Bunun yanında gözün görme yeteneğinin artması, göz sağlığının korunması, kazaların azalması, yapılan işin veriminin yükselmesi gibi önemli yararları vardır.

İşyerlerindeki her türlü faaliyetin sorunsuz yapılabilmesi ve çalışanların göz sağlığı için iyi bir aydınlatma tekniğine gereksinim duyulmaktadır.

Aydınlatmada öncelik belli bir aydınlık düzeyi elde etmek değil, kalite standartlarının gerektirdiği tüm detayların görülebilmesi için yapılan işe göre yeterli şiddette, tek düze, iyi yayılmış, gölge vermeyen ve göz kamaştırmayan aydınlatma olmasıdır. Bunun için TS EN 12464 no'lu "Işık ve Işıklandırma - İş Mahallerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri" standartında belirtilen işyerlerindeki bazı alanlarda ve işlerde gerekli aydınlatma şiddeti değerleri tablolar halinde verilmektedir. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen ortaöğretim eğitim kurumu için eğitim alanlarında olması gereken standart aydınlatma değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. TS EN 12464'e göre eğitim binalarındaki aydınlatma gereksinimleri

| İç mekan, görev ve faaliyet türü | Aydınlatma Şiddeti (lx) |
|----------------------------------|-------------------------|
| Derslikler, eğitim odaları | 300 |
| Öğretmenler odaları | 300 |
| Merdivenler | 150 |
| Koridorlar | 100 |

5. Ölçüm ve Sonuçlar

Bu çalışmada, eğitim kurumundaki iç mekanların aydınlatma şiddeti Extech marka lüksmetre ile ölçülmüştür.



Şekil 4. Lüksmetre

Ölçüm sonuçlarına göre, dersliklerde tamamen doğal aydınlatma koşullarında 7 tekerrürlü ölçüm sonucu (pencereleere yakın sıralar, orta sıralar ve pencereye en uzak sıralar, öğretmen masası, tahta önü) ortalama 149 lüks, tamamen perdeler ve yapay aydınlatıcıların açık olduğu koşullarda ise 335 lüks değerleri ölçülmüştür. Müdür yardımcısı odasında ortalama 884 ± 224 lüks, öğretmenler odasında perdeler yarı yarıya kapalı, yapay aydınlatma olmadığı ve pencerelere yakın ve uzak olma durumlarına göre ortalama 580 lüks, yine öğretmenler odasında perdeler tam açık yapay aydınlatma olmadığı durumlarda ortalama 675 lüks ölçülmüştür. Koridorlarda yapılan ölçümler heterojen aydınlık koşulları nedeniyle üç farklı bölgeye ayrılarak aydınlık şiddeti değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre koridorlarda aydınlatıcılar kapalı durumda ortalama 180 ± 43 lüks ve aydınlatıcılar açık durumda ortalama 246 ± 26 lüks değerleri ölçülmüştür. Merdivenlerde doğal aydınlatma ve aydınlatıcıların açık olduğu koşullarda sırasıyla ortalama 78 ± 19 ve 168 ± 38 lüks değerinde aydınlatma şiddeti değerleri ölçülmüştür.

6. Öneriler

Sonuçlar TS EN 12464-1 standardına göre değerlendirilmiş ve genel olarak uygunluğu gözlemlenmiştir. Öğretmenler odasında ve koridorlarda yapay aydınlatmaların kapalı olması durumunda bile doğal aydınlatma ile standart değerlere ulaşılabilirdiği gözlemlenmiş ve bina enerji tasarrufu açısından olumlu bir sonuç ortaya çıkmıştır.

Ancak dersliklerin ve merdivenlerin bina mimarisinden dolayı gündüz saatlerinde doğal aydınlatmadan gelen ışık şiddetinin yeterli olmadığı ve standart değerlere ulaşabilmek için lambaların açık olması gerektiği gözlemlenmiştir. Yapay aydınlatmaların açık olmadığı durumlarda çalışanların merdivenlerden düşme ve kayma tehlikesine maruz kalma olasılıkları oldukça yüksektir. Ayrıca öğretmenler açısından çalıştıkları süre boyunca, lambaların kapalı olduğu durumlarda dersliklerdeki yetersiz aydınlatmadan kaynaklanan görme fonksiyonundaki bozukluklar kendini göstermeye başlayacaktır. Doğal aydınlatmanın yetersizliği ayrıca ülkemizi enerji tüketimi açısından olumsuz etkilemektedir. Hem işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından hem de ülke ekonomisi açısından ideal olanı binaların yapay aydınlatmaya gerek duyulmadan doğal aydınlatma ile aydınlatılmasıdır. Bina tasarımının daha ilk aşamalarında doğal aydınlatmaya uygun bir tasarım yapılması dikkate alınmalıdır. Binanın ve camın, güneşin yönüne göre nasıl konumlandırılacağına karar verilmelidir. Bunun yanı sıra çatının ve cephelerin tasarımı, cam sistemlerinin seçimi, stor ve panjur gibi gün ışığı

kontrol mekanizmalarını da dikkate almak gerekir. Ancak bu şekilde doğru doğal aydınlatma gerçekleştirilmiş olacaktır.

Kaynakça

Jacobs, K.(2008). Ergonomics for Therapists. Mosby Elsevier 11830, Westline Industrial Drive St. Louis, Missouri, 63146. ISBN: 978-0-323-04853-8. 469 pages.

Anonymous.(2007). Designing Quality Learning Spaces; Lighting. Ministry of Education, ISBN:0-478-13619-6. 52 pages.

So, A.T.P., Leung, L.M. (2011). Indoor Lighting Design Incorporating Human Psychology. Arctitectural Science Review, Vol. 41, pp.113-124.

Küler, R., S. Ballal, T. Laike, B. Mikellides, G. Tonello, (2006). The Impact of Light and Colour on Phychological mood: A Cross-Cultural Study of Indoor Work Environments. Ergonomics, Vol.49, No. 14,15. 1496-1507.

Hathavay, W.E. (1995). Effects of School Lighting on Physical Development and School Performance. The Journal of Educational Research, vol. 88, 1995-Issue, 228-242.

Singh, P., R.A. (2014). Classroom Illuminance: It's Impact on Student' Health Exposure and Concentration Performance. International Ergonomics Conference HWWE 2014. 1-5 pages.

Türk Standardı, (2002). Işık ve Işıklandırma-İş Mahallerinin Aydınlatılması-Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri, TS EN 12464-1.

<http://www.danpal.com/environmental/dogal-aydinlatma-dogal-aydinlatma-ile-gelen-enerji-tasarrufu/>

<http://slidegur.com/doc/1132341/i%CC%87%C5%9Fyeri-ayd%C4%B1nlatmas%C4%B1-2>

<http://www.medikariyer.co/fiziksel-risk-etmenleri/>

<http://www.nemtas.com.tr/nemtasdocuments/documents/GemPersoneliEgitimleri/occupational/%C4%B0%C5%9E%20YERINDEKI%20CEVR ESEL%20ETKILER/fizikselrisketmenleri1.pdf>

SAĞLIK HİZMETLERİNDE İŞ KAZALARI VE KORUNMA ÖNLEMLERİ

Work Inspections and Protection Measures in Health Services

Naime Filiz (TÜMEN) ÖZDİL* & Dilek GÖKTÜRK**

Öz: Sağlık hizmetleri toplumun sağlık düzeyinin iyileştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen faaliyetler ve bunun yanında, koruyucu sağlık önlemleri, teşhis, tedavi ve rehabilitasyon için sunulan hizmetlerdir. Hızlı artan nüfus nedeniyle sağlık hizmetlerine ihtiyaç giderek artmaktadır. Sağlık hizmetlerinde çalışanlar diğer sektörlerde çok sık görülmeyen spesifik riskler ile karşılaşmaktadırlar. Özellikle: sağlık çalışanları kendilerini taşıyamayan hastaları hareket ettirir ve taşırlar. Bu yüzden fitik ve diğer kas-iskelet sistemi bozuklukları riski altındadırlar. Sağlık hizmetleri, fiziksel veya zihinsel sağlık bozukluğu olan kişilerle ilgilenmektedir, bu nedenle sağlık hizmeti çalışanları, şiddet maruziyeti riski altındadır. Ayrıca sağlık hizmetlerinde epidemik kan ve vücut sıvıları yolu ile bulaşan Hepatit-B ve AIDS gibi ve solunum yoluyla bulaşan tüberküloz gibi bulaşıcı hastalıklara maruz kalma riski söz konusudur, doku ve kan gibi biyolojik materyallerle kontamine olmuş aletlerle yaralanmalar gibi risklerin yüksek olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Sağlık Hizmetleri, İş sağlığı ve Güvenliği*

Abstract: Health services are the services which provide for the purpose of improving the health level of the community as well as preventive health care, diagnosis, treatment and rehabilitation. Due to the rapidly increasing population, the need for health services is increasing. Workers in health services meet special risks that are not common in other sectors. Especially: they remove, and transfer patients who are unable to move themselves. So they are under the risk of hernias and other musculoskeletal system disorders. Health services are interested in people who have physical or mental health disorders, so health service workers are under the risk of violence exposures. Also there is a high risk for healthcare workers for epidemic infectious diseases such as Hepatitis-B and AIDS which are messed with blood and body fluids and respiratory infections such as tuberculosis and injuries by cutting tools which were contaminated with biological materials such as tissue and blood.

Keywords: *Health Service, Occupational Health and Safety*

1.SAĞLIK ÇALIŞANLARININ ÇALIŞMA KOŞULLARI:

Sağlık çalışanı kişileri, hastalıklardan korunma yolları konusunda bilgilendiren, beden veya ruh hastalıklarını tedavi eden, rehabilitasyonunu gerçekleştiren ve denetleyen personeldir. Sağlık çalışanları çalışma ortamı genellikle temiz ve izole olan hastanelerde, sağlık ocakları ve dispanserlerde çalışabilirler. Hastalarla, refakatçılarla ve diğer sağlık çalışanları ile sürekli irtibat halindedirler ve nöbete kalmak veya vardiyalı çalışmaları gerekebilir..

Sağlık hizmetleri toplumun sağlık düzeyinin iyileştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen faaliyetler ve bunun yanında, koruyucu sağlık önlemleri, teşhis, tedavi ve rehabilitasyon için sunulan hizmetlerdir. Hızlı artan nüfus nedeniyle sağlık hizmetlerine ihtiyaç giderek artmaktadır. Sağlık hizmetlerinde çalışanlar diğer sektörlerde çok sık görülmeyen spesifik riskler ile karşılaşmaktadırlar. Özellikle: sağlık çalışanları kendilerini taşıyamayan hastaları hareket ettirir ve taşırlar. Bu yüzden fitik ve diğer kas-iskelet sistemi bozuklukları riski altındadırlar. Sağlık hizmetleri, fiziksel veya zihinsel sağlık bozukluğu olan kişilerle ilgilenmektedir, bu nedenle sağlık hizmeti çalışanları, şiddet maruziyeti riski altındadır. Ayrıca sağlık hizmetlerinde epidemik kan ve vücut sıvıları yolu ile bulaşan Hepatit-B ve AIDS gibi ve solunum yoluyla bulaşan tüberküloz gibi bulaşıcı hastalıklara maruz kalma riski söz konusudur, doku ve kan gibi biyolojik materyallerle kontamine olmuş aletlerle yaralanmalar gibi risklerin yüksek olduğu görülmektedir.

2. SAĞLIK ÇALIŞANLARININ MARUZ KALDIĞI TEHLİKELER:

a) Kimyasal Tehlikeler:

Sağlık çalışanları işyerinde birçok kimyasal tehlikeyle karşı karşıyadır. Tehlikeli ilaçlar, ticari temizlik ürünleri, sterilizatörler/dezenfektanlar ve böcek ilaçları sadece birkaç örnektir (<https://www.nursingworld.org/practice-policy/work-environment/health-safety/hazardous-chemicals/>). Tüm kimyasallar potansiyel olarak tehlikelidir. Toksikoloji bilimi bazı kimyasalların sağlık üzerinde çok küçük dozlarda bile zararlı bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Sağlık hizmetlerinde hastaları tedavi etmek (ilaçlar ve anestezi maddeleri), yüzeyleri ve malzemeleri temizlemek, dezenfekte etmek ve sterilize etmek ve böcekleri ve diğer haşereleri öldürmek gibi çeşitli nedenlerle pek çok güçlü kimyasal madde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, çoğu kez, hastaları tedavi etmek için kullanılan ilaçların solüsyonları hazırlanırken ve uygulanırken veya anestik ve diğer aerosol haline getirilmiş olan solunum tedavilerinin uygulanmasının sağlık çalışanları için istenmeyen sonuçları olabileceğini unutmuyoruz. Ayrıca farmasötikler uygunsuz bir şekilde doğaya atıldıklarında toplum için de zararlı olabilmektedir.

(<https://www.healthcaredesignmagazine.com/architecture/minimizing-chemical-hazards-healthcare/> & Ghosh, T, 2013)

b) Fiziksel Tehlikeler:

Sağlık çalışanlarının maruz kaldığı fiziksel tehlikeler arasında yanıklara ya da ısı stresine neden olabilecek aşırı sıcaklıklar, delinmelere veya sıyrıklara neden olabilecek mekanik tehlikeler, elektriksel tehlikeler, radyasyon, gürültü, kayma ve düşme bulunmaktadır.

Fiziksel tehlikeler için önlemler şunları içerir:

- Doğru ayakkabıları giymek;
- Zeminlerin uygun şekilde temizlenmesi ve bakımı;
- sızıntı ve dökülmelerin raporlanması;
- Silindirleri dik konumda saklamak;
- Yanıcı maddelerin onaylanmış kapalı kaplarda saklanması;
- Gerekğinde işitme koruması da dahil olmak üzere uygun kişisel koruyucu ekipmanın giyilmesi;
- Elektrikli ekipmanın üreticiye ve şirket standartlarına göre korunması;
- Aletleri, kabloları, toprakları ve aksesuarları düzenli olarak denetlemek;
- Mekanik ekipmanı servis ederken veya tamir ederken güç kaynaklarını ve anahtarları kilitleme ve etiketleme;
- Isı stresi belirtilerini tanımayı ve tedavi etmeyi ve bol su içmeyi öğrenmek;
- Eğitimli ve yetkili olmadığı sürece, sınırlı radyasyon alanlarına girmemek (<https://www.ishn.com/articles/82284-healthcare-hazards>).

N. c) Ergonomik tehlikeler:

Sağlık çalışanları için ergonomik tehlikeler; uzun süreli tekrarlayan hareketler, uzun süre ayakta durma ve zayıf aydınlatma nedeniyle göz yorgunluğunu içermektedir. 2000 yılında sağlık hizmetleri için aşırı performans (kaldırma dahil) ile ilgili olarak yaklaşık 74.000 vaka (tüm sağlık hizmetleri vakalarının yaklaşık yüzde 45'i) tespit edilmiştir. Motorlu taşıtlar / teçhizat ve et ürünleri endüstrilerinden sonra, hastaneler, özellikle, tekrarlanan travma ile ilişkili bozuklukların en yüksek sayıda ölümcül olmayan hastalık vakasına sahiptir.

Bu riskleri kontrol etmek için aşağıdaki önlemler uygulanabilmektedir;

- Kaldırma için yardımcı cihazlar sağlanması
- Kaldırma cihazlarının rahat bir şekilde saklanması sağlanması
- Yeniden tasarlanan cerrahi aletler, bilgisayar ve iş istasyonları sağlanması
- Kaldırma cihazları ve ekipman tekerlekleri, kranklar ve kontroller üzerinde düzenli bakım yapılması
- Egzersizin teşvik edilmesi (Ghosh, T, 2013 & <https://www.ishn.com/articles/82284-healthcare-hazards>).

d) Psikolojik Tehlikeler:

Sağlık çalışanlarının maruz kaldığı psikolojik tehlikeler genellikle ayrımcılık, teknolojik değişimler, arızalı teçhizat, aşırı çalışma, yetersizlik, evrak işleri, artan tesis büyüklüğü ve bürokrasi, şiddet, bağımlı hastalar ve hasta ölümleri ile ilgilidir.

Bu psikolojik risklerden korunmak için aşağıdaki önlemler alınmalıdır;

- Duyguları ve yenilikçi fikirleri paylaşmak için düzenli personel toplantıları yapılmalı
- Stres yönetimi programları uygulanmalı
- Yeterli personel görevlendirilmeli
- Makul vardiya programları
- Kronik hastalıklar veya ölen hastalar ile ilgili personel için grup terapisi
- Gevşeme egzersizleri
- Becerileri geliştirme fırsatları
- Planlamada daha fazla esneklik ve çalışan katılımı
- İyi zamanlanmış rotasyon
- Agresif hastaları nispeten açık alanlarda tedavi etmek ve görüşmek
- Tüm saldırıları veya tehditleri bir amir veya yöneticiye rapor etmek (<https://www.ishn.com/articles/82284-healthcare-hazards>)

e) Biyolojik Tehlikeler:

Sağlık çalışanlarının yüksek oranda biyolojik risk tehdidi altında oldukları düşünülmektedir, çünkü bunlar sıklıkla kan ve vücut sıvılarına maruz kalmaktadır. Enfeksiyon ajanlarına maruz kalmalarının en önemli mesleki risk faktörü olduğu düşünülmektedir.

Sağlık çalışanları HIV, Hepatit B, Herpes virüs ve Rubella gibi birçok biyolojik tehlikelere maruz kalmaktadır.

Korunmak için;

- Enfeksiyon kontrolünde; hastalıklarla ilgili temel epidemiyolojik bilgi birikimine sahip olmak gereklidir.

- Sağlık çalışanlarının, İnfluenza (Grip) ve Hepatit B gibi bulaşıcı hastalılar için aşılınması gerekmektedir.
- Meslek hastalıklarının tespit edilebilmesi için; işe giriş ve kontrol muayenelerinin düzenli olarak yapılması gerekmektedir (Corrao CR ve ark., 2012).

3.Sağlık Çalışanlarının Maruz Kaldığı İş Kazaları:

Sağlık çalışanları her gün birçok tehlikeye maruz kalmaktadır. Ölümcül olmayan mesleki yaralanma ve hastalık vakalarının sağlık sektöründe çalışanlar arasında diğer sektörlerdeki işçilerden daha yüksek olduğu bilinmektedir. Sağlık alandaki herkes iş yerinde yaralanma olasılığını artıran bazı riskleri paylaşmaktadır.

En önemli yaralanma nedenlerinden bazıları şunlardır:

- Tekrarlayan stres - OSHA sağlık çalışanlarında diğer işçilere kıyasla 7 kez daha fazla kas-iskelet bozuklukları geliştiğini göstermektedir.
- Hasta taşıma faaliyetleri - Bunlar, hastaların farklı pozisyonlara transfer edilme veya yeniden konumlandırılma faaliyetlerini içerir.
- İğne uçları - Sağlık çalışanları, cildi kesebilecek veya delebilecek iğneler ve keskin tıbbi aletler kullanırlar.
- Şiddet
- Kayma ve düşme
- Kısıtlama - Birçok hastane, bakım evi ve klinik, bütçe kısıtlamaları ve / veya nitelikli bakım sağlayıcılarının eksikliği nedeniyle yetersizdir. Kısıtlama, daha hızlı çalışma baskısı ve hasta transferleri gibi görevlerde yardımcı olmak için destek olmaması nedeniyle birçok yaralanma tipinin riskini artırabilir.

Sağlık çalışanlarının maruz kaldıkları en yaygın yaralanma türlerinden bazıları şunlardır:

- Burkulma ve incinmeler - OSHA verileri, sağlık çalışanları arasında burkulma ve incinmenin en sık bildirilen yaralanma olduğunu göstermektedir.
- Disk kayması - Hastaları transfer ederken ya da kaldırırken vücut mekanikleri disklere (omurilik kemiklerinizi dolduran etli dokuya) zarar verebilir.
- Kanla bulaşıcı hastalıklar – Özellikle iğne batması nedenli HIV / AIDS veya Hepatit B ya da C gibi kan kaynaklı hastalıkların yayılma riski söz konusudur

- Enfeksiyonlar - havadaki patojenlerin veya mukus ve vücut atığına maruz kalmanın bir sonucu olarak ortaya çıkabilir.
- Kırık kemikler - Kırıklar en sık işyeri şiddetinden kaynaklanır.
- Kafa yaralanmaları - Bunlar kayma ve düşme nedeniyle veya şiddet sonucu olabilir (<https://www.lawyernc.com/legal-services/workers-compensation-lawyer/common-workplace-injuries/nurses-healthcare/>)

Sağlık çalışanlarının iş kazalarından korunma önlemleri hastanın tanısına bakılmaksızın tüm hastalara uygulanan önlemlerdir. Bu önlemler standart önlemler ve genişletilmiş önlemler olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Standart önlemlere kişisel hijyen, kişisel koruyucu ekipman kullanımı, solunum hijyeni ve güvenli enjeksiyon uygulaması örnek olarak verilebilir. Temas izolasyonu, damlacık izolasyonu, solunum izolasyonu ve koruyucu ortam uygulamaları ise genişletilmiş izolasyon önlemleri olarak uygulanmaktadır.

SONUÇ:

Sağlık çalışanları biyolojik, kimyasal, fiziksel, ergonomik ve psikososyal tehlikelere maruz kalmaktadır. Sağlık çalışanlarının işyerinde edinecekleri enfeksiyonlar ve diğer rahatsızlıklar aile bireyleri, hastalar ve toplum için risk oluşturur. Bu nedenle sağlık hizmetlerinde iş kazalarından korunma için alınacak önlemler sadece sektör çalışanları için değil aynı zamanda toplum için büyük önem arz etmektedir. Risk farkındalığı gerekli önlemleri almak ve uygun davranışlar sağlamak için kilit bir rol oynamaktadır. Bu nedenle çalışanların mevcut riskler konusunda bilgi ve becerilerini geliştirmek ve risklerin belirlenmesi ve kontrol altına alınması süreçlerine dahil edilmesi son derece önemlidir.

KAYNAKLAR:

<https://www.nursingworld.org/practice-policy/work-environment/health-safety/hazardous-chemicals/>

<https://www.healthcaredesignmagazine.com/architecture/minimizing-chemical-hazards-healthcare/>

Ghosh, T., Occupational Health and Hazards among Health Care Workers International Journal of Occupational Safety and Health, Vol 3 No 1 (2013) 1 – 4.

<https://www.ishn.com/articles/82284-healthcare-hazards>

Corrao CR, Mazzotta A, La Torre G, De Giusti M., Biological risk and occupational health, Ind Health. 2012;50(4):326-37.

<https://www.lawyernc.com/legal-services/workers-compensation-lawyer/common-workplace-injuries/nurses-healthcare/>

SU KANALLARINDA ELEKTRİK ÜRETİMİ *Electricity Production in Irrigation Canal*

Ender YILMAZ* & Mustafa ATMACA & Berkay ÇETİN*****

Özet: Dünyada enerji arz yetersizliği çok önemli bir konu olarak görülmektedir. Bu sebeple günümüzde enerji üretimi için çok çeşitli alternatif yollar denenmektedir. Tarımsal su kanallarından enerji üretimi son zamanlarda denenmekte olan bir uygulamadır. Hidrolik enerjiden elektrik enerjisi üretimi genel olarak barajlardan elde edildiği bilinmektedir. Bununla birlikte son senelerde yapılan uygulamalarda nehir tipi hidroelektrik santraller de yoğunluk kazanmıştır. Son yıllarda ise ilerleyen mühendislik teknolojileriyle beraber tarımsal su kanallarında suyun hızından çok kuvvetinden yararlanılarak türbinlerden enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, bu uygulamanın teknolojisi, ekonomisi ve teorisi hakkında bir literatür çalışması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Üretimi, Hidrolik Enerji, Türbin, Sulama Kanalları.

Abstract: Energy supply in the World have seen very important issues in recent years. Therefore, alternative ways have been studied for energy production. Energy production in irrigation channel is tried application nowadays. It's known that electrical energy production from hydraulic energy is obtained hydro-electric powerplant with dam. At the same time, in the applications made recent years run-of-the river type power plants gain considerable importance. Moreover, so far, with improving engineering technologies, energy production using force of flowing water more than its speed can be realized at various turbines. In this study, literature research of technology, theory and economics of this application is made.

Keywords: Electricity Production, Hydraulic Energy, Turbine, Irrigation Channels.

Giriş:

Dünyada hidroelektrik santraller elektrik enerjisi üretimi bakımından önemli bir yer tutmaktadır. Hidroelektrik santrallerden bahsedildiğinde ilk olarak akla barajlı hidroelektrik santraller gelmektedir. Ancak son senelerde nehir tipi hidroelektrik santrallerin yapımında da büyük artış sağlanmıştır. Nehir tipi santrallere benzer uygulamada ama görece yüksek düşü ve su akışına sahip olmayan sulama kanallarında da gelişen türbin teknolojisiyle beraber elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu yapılar su gücünden elektrik enerjisi elde etmek bakımından önemli projeler haline gelmiştir [1].

* (Arş.Gör.); Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi. enderyilmaz@marmara.edu.tr

** (Prof. Dr.); Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi. matmaca@marmara.edu.tr:

*** (Mak.Müh.); Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği (Türkçe) Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi. brkycn@hotmail.com

Bu tarz yapılarda kullanılan mikro hidroelektrik santraller ekolojik olarak çevreye zararsız, fiyat-güç üretim performansı açısından ise oldukça makul seviyelerdedir. Ayrıca bu santraller çalışırken sera gazları salınımı yapmaz ve çevreye zararlı kirleticiler üretmez [2]. Bu tarz hidroelektrik santraller ilk yatırım maliyeti, çalışma maliyeti ve enerjinin güvenilirliği gibi birçok konuda avantaja sahiptir ve bu tarz hidroelektrik santraller, enerjide kendi kendine yeterliliğe ulaşmada birçok ülkenin önceliği haline gelmiştir [3].

1. Dünya’da ve Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin Durumu

Dünya’da Hidroelektrik Enerji, enerji kaynakları arasında önemli bir yer tutmaktadır. Rüzgâr, Güneş gibi yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarındaki ilerlemeler olmasına ve nükleer ve diğer fosil yakıtlardan önemli miktarlarda enerji elde edilmesine rağmen hidroelektrik enerji santrallerinden elektrik enerjisi üretimi ve bu santrallerin projelendirilmesi devam etmektedir. Tablo 1’de gösterildiği gibi 2004 yılında Dünya genelinde ekonomik olarak değerlendirilebilir potansiyelin yarısına bile henüz ulaşamamışken, Tablo 2’de Türkiye örneğinde görüldüğü üzere gelişen teknolojiyle beraber, diğer enerji üretim teknolojilerinde olduğu gibi, yıldan yıla ekonomik yapılabilir potansiyelin giderek arttığı görülmektedir.

Tablo 1. Dünya Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve 2004 Yılı Gelişme Durumu [4]

| | Brüt Teorik HES Potansiyeli (GWh/yıl) | Teknik Yapılabilir HES Potansiyeli (GWh/yıl) | Ekonomik Yapılabilir HES Potansiyeli (GWh/yıl) | İşletmede | | İnş Halinde (MW) | Planlama Aşamasında (MW) | Teknik Potansiyelin Kullanım Oranı % |
|---|---------------------------------------|--|--|-----------------|-----------------------|------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | | | | Kurulu Güç (MW) | Ort. Üretim (GWh/yıl) | | | |
| AFRIKA | ~ 4 000 000 | ~ 1 750 000 | ~ 1 100 000 | ~ 21 314 | ~ 85 300 | > 2914 | ~ 72 306 | 4.8 |
| ASYA (Rusya Fed. ve | ~ 19 400 000 | ~ 6 800 000 | ~ 3 600 000 | ~ 246 100 | ~ 831 630 | > 91 979 | > 143 920 | 12.23 |
| AVİSTRALYA /OKYANUSYA | ~ 594 000 | ~ 200 000 | ~ 90 000 | ~ 12 788 | ~ 45 140 | > 184 | > 150. | 22.57 |
| AVRUPA (Rusya Fed. ve Türkiye hariç) | > 3 200 000 | ~ 1 140 000 | ~ 790 000 | ~ 177 350 | ~ 551 700 | > 2770 | > 11 600 | 48.39 |
| KUZEY VE ORTA AMERİKA | ~ 7 200 000 | ~ 1 663 000 | ~ 1 000 000 | ~ 160 940 | ~ 695 800 | > 3368 | > 17 342 | 41.84 |
| GÜNEY AMERİKA | ~ 6 200 000 | ~ 2 815 000 | ~ 1 600 000 | ~ 118 950 | ~ 557 700 | > 16 682 | > 57 177 | 19.81 |
| TOPLAM | ~ 41 000 000 | ~ 14 368 000 | ~ 8 181 000 | ~ 737 400 | ~ 2 767 000 | > 100 758 | ~ 300 000 | 19.25 |
| TÜRKİYE | 433 000 | 216 000 | 128 000 | 12 554 | 44 155 | 3 099 | 21 297 | 20.00 |
| DÜNYA TOPLAMINA | % 1,06 | %1,50 | %1,56 | %1,73 | %1,6 | %3,19 | %6,04 | - |

Tablo 2. Türkiye’de Hidroelektrik Enerji’nin sırasıyla 2004 ve 2016 yıllarındaki durumu [4,5]



2. Su Kanallarında Elektrik Üretimi

Su kanallarında elektrik üretimi, dünyada enerji yoğunluğu yüksek ülkelerde, örneğin Amerika Birleşik Devletleri’nde kullanılmayan potansiyeli değerlendirme (Capturing Untapped Potential) olarak görülmektedir. Amerika’nın Oregon eyaleti gibi sulama kanallarının yoğun olduğu eyaletlerde kanallarda elektrik üretimi yenilenebilir enerji kaynakları hedeflerini tutturmada önemli bir rol oynamaktadır [6].

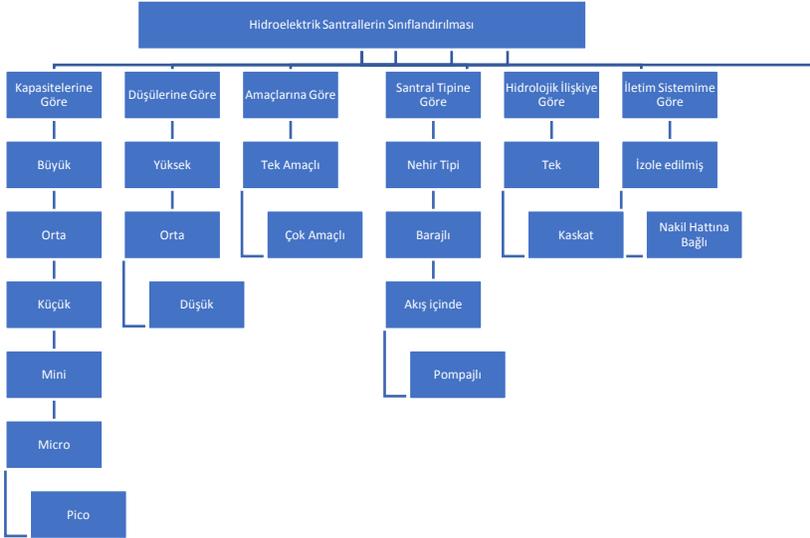
Sulama kanalları ağı Hindistan’da da önemli bir yere sahiptir. Hindistan’da küçük hidroelektrik santrallerin eyaletlerdeki toplam kapasitesine baktığımızda sulama kanallarında elektrik elde etmenin bir türü olan düşü temelli hidroelektrik santrallerin önemli bir paya sahip oldukları görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Hindistan’ da Eyaletlere göre Küçük Hidroelektrik Santraller Çeşitleri ve Kapasitesi[7]

| E.No. | Eyalet Adı | Nehir Tipi | | Baraj Uçlu | | Kanal Düşü Temelli | | Toplam | |
|--------|-------------------|------------|----------|------------|---------|--------------------|---------|--------|----------|
| | | No. | MW | No. | MW | No. | MW | No. | MW |
| 1 | Andhra Pradesh | 1 | 0.2 | 15 | 88.95 | 437 | 422.51 | 453 | 511.57 |
| 2 | Arunachal Pradesh | 800 | 2064.91 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 800 | 2064.92 |
| 3 | Assam | 103 | 196.99 | 0 | 0.00 | 3 | 5.00 | 106 | 201.99 |
| 4 | Bihar | 2 | 0.42 | 5 | 7.50 | 132 | 519.06 | 139 | 526.98 |
| 5 | Chhattisgarh | 130 | 892.91 | 36 | 89.72 | 33 | 115.57 | 199 | 1098.20 |
| 6 | Goa | 0 | 0.00 | 7 | 4.70 | 0 | 0.00 | 7 | 4.70 |
| 7 | Gujrat | 21 | 42.55 | 3 | 18.00 | 268 | 141.42 | 292 | 201.97 |
| 8 | Haryana | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 33 | 107.40 | 33 | 107.40 |
| 9 | Himachal Pradesh | 1049 | 3460.34 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 1049 | 3460.34 |
| 10 | Jammu & Kashmir | 387 | 1779.49 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 387 | 1779.49 |
| 11 | Jharkhand | 76 | 89.20 | 1 | 1.00 | 44 | 137.76 | 121 | 227.96 |
| 12 | Karnataka | 387 | 2667.41 | 17 | 122.50 | 214 | 936.59 | 618 | 3726.49 |
| 13 | Kerala | 209 | 431.42 | 17 | 152.13 | 12 | 63.60 | 238 | 647.15 |
| 14 | Madhya Pradesh | 112 | 302.53 | 109 | 405.20 | 78 | 112.72 | 299 | 820.44 |
| 15 | Maharashtra | 94 | 252.02 | 44 | 277.43 | 132 | 257.01 | 270 | 786.46 |
| 16 | Manipur | 110 | 99.95 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 110 | 99.95 |
| 17 | Meghalaya | 97 | 230.05 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 97 | 230.05 |
| 18 | Mizoram | 71 | 160.90 | 1 | 8.00 | 0 | 0.00 | 72 | 168.90 |
| 19 | Nagaland | 92 | 115.18 | 6 | 67.00 | 0 | 0.00 | 98 | 182.18 |
| 20 | Orissa | 63 | 84.54 | 9 | 36.31 | 148 | 165.37 | 220 | 286.22 |
| 21 | Punjab | 38 | 56.90 | 11 | 0.51 | 326 | 520.87 | 375 | 578.28 |
| 22 | Rajasthan | 0 | 0.00 | 9 | 4.87 | 55 | 46.80 | 64 | 51.67 |
| 23 | Sikkim | 88 | 266.64 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 88 | 266.64 |
| 24 | Tamil Nadu | 101 | 438.90 | 37 | 125.00 | 53 | 40.56 | 191 | 604.46 |
| 25 | Tripura | 6 | 38.01 | 2 | 5.50 | 5 | 3.35 | 13 | 46.86 |
| 26 | A & N Island | 7 | 7.27 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 7 | 7.27 |
| 27 | Uttar Pradesh | 2 | 3.05 | 30 | 142.23 | 220 | 316.97 | 251 | 460.75 |
| 28 | Uttarakhand | 434 | 1655.31 | 0 | 0.00 | 8 | 9.01 | 442 | 1664.31 |
| 29 | West Bengal | 95 | 272.04 | 5 | 1.62 | 79 | 118.41 | 179 | 392.06 |
| Toplam | | 4575 | 15609.11 | 364 | 1558.16 | 2281 | 4040.14 | 7218 | 21205.63 |

Sulama kanalından elektrik enerjisi üretimi gerçekleştiren hidroelektrik santraller kapasitelerine göre küçük, mini, mikro ve piko olabilmektedir (Tablo 4). Kanal-Düşü temelli hidroelektrik santrallerde düşü seviyesi düşük olarak değerlendirilebilir. Su kanallarında kurulan hidroelektrik santrallerin yegâne amacı elektrik üretmektir. Bu santraller yapı olarak barajlı, nehir tipi ve pompajlı hidroelektrik santrallere benzemezler, bu santraller direk akış halindeki sudan elektrik üretimi gerçekleştirirler. Diğer hidroelektrik santrallerin kullanım amacından farklı olarak, bu hidroelektrik santraller şebekeye bağlı olarak çalışabildiği gibi, şebekeden bağımsız olarak elektrik nakil hatlarından uzak bölgelerin elektrik ihtiyaçlarını karşılamada da düşük maliyetli bir alternatif olarak görülebilir.

Tablo 4. Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması [7]

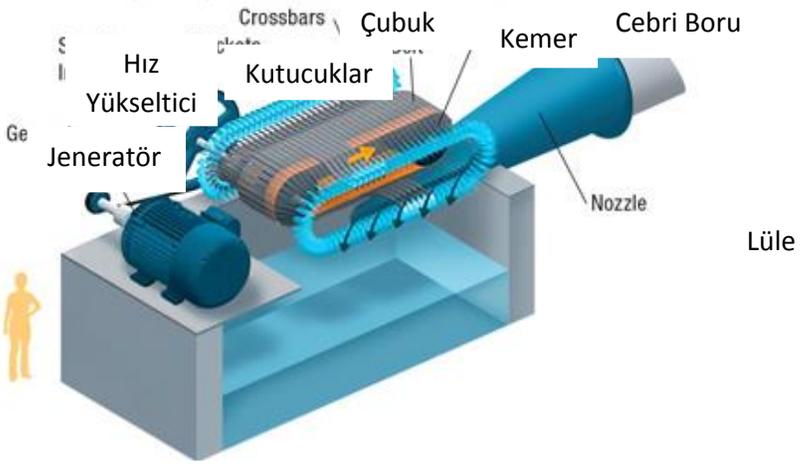


3.Su Kanallarında Elektrik Üretim Yolları

a. Kanaldan Su Düşürme Temelli (Canal Fall-Based)

Bu üretim yolunda topoğrafik yapının verdiği imkân doğrultusunda kanalla türbin arasına belli bir düşü verilir. Suyun kanaldan ayrıldığı noktada bulunan birbirine entegre beton sistemden oluşan su ayırma sistemi, suyu ucu türbine açılan bir cebri boruya yönlendirmektedir. Boyutları hem kanalın hem de ayırma sisteminin boyutlarına bağlı olan ve direk türbine açılan bu yapıdan çıkan su, Şekil 1’de de görüldüğü üzere cebri borunun ucundaki kanatçıklara çarparak sistemin dönmesini sağlar. Bu dönüşün sağladığı kinetik enerji jeneratörde elektrik enerjisine çevrilir [8].

Bu yolla elektrik üretimi gerçekleştirilen bir proje olan Amerika’nın Oregon Eyaleti kuzey sulama bölgesinde ana sulama kanalından 3.65 metreden düşürülen suya Natel Energy firması tarafından üretilen 3-20 metre düşü yüksekliği ve 15 m³/h düşük debilerde çalışabilen 1SLH100 türbini yerleştirilmiştir. Ünitenin kurulu gücü 250 kW, kapasite faktörü %43, tahmini yıllık elektrik üretimi ise 1000 mWh’tir. 2015 yıl<nda işleme alınan ve kurulum maliyeti 5 ¢/kWh olan ünitenin yıl içerisinde nisandan ekim ayına kadar süren sulama zamanında çalışmaktadır.



Şekil 1. Natel Energy Firması Tarafından Üretilen 1SLH100 Türbini [9]

Bu bir alçak-düşümlü (low-head), cebri borulu (in-conduit) hidrolik güç santralidir. Bu tip santraller Oregon eyaletinin yenilenebilir hedeflerini gerçekleştirmesinde önemli yer tutmaktadır. Bu tip santrallerin çevreye zararlı etkileri azdır. Var olan kanal yapısına monte edilebilen bu santraller maliyet açısından da hesaplıdır

Kanaldan su düşürmeli santraller için yer seçimi yapılırken, su kanalında verilebilecek düşü yüksekliği, kanaldaki akış hızı, santralin dağıtım hatlarına yakınlığı ve santralin bulunduğu yerdeki arazinin mülk durumu önemlidir [9,10].

b. Kanal Akışı Temelli (Direct Canal Flow-Based)

Geleneksel hidrolik gücün gereksinim duyduğu potansiyel enerji ve gerekli su basıncının aksine bu teknoloji kanal boyunca akan suyun kinetik enerjisini yani bir başka deyişle akan hacmin hızını kullanır. Bu türbinler denizaltına yerleştirilmiş rüzgâr türbinlerine benzerler, kasaya giren su akışı Şekil 2’de görülen ikiz türbinlerin dönmesine ve shaft üzerinde tork kuvveti oluşmasına neden olur. Bu mekanik enerji önce yüksek dönme hızına ulaşmak için dişli kutusuna sonra elektrik jeneratörüne aktarılır. Türbinleri çevreleyen beton kasalar su akışını türbinlere doğru en doğru şekilde yönlendirirken bütün sistem için sağlam bir yapı dolayısıyla bir denge sağlar. Ayrıca bu sistemde türbin çarkları düşük hızlarda çalıştığı için sistem ve dişlinin çevreye zararlı geleneksel yağlarla yağlanmasına gerek kalmaz.

Colorado Denver Golden’daki Güney Boulder bölgesinde bu tür türbinlerin kullanıldığı bir projeye baktığımızda, bu tür sistemler sıg ve

oldukça yavaş hareket eden sulara bile çalışabilmektedir. Bu projede dokuz mil uzunluğundaki kanala toplam maliyeti 330,000 dolar olan 10 türbin yerleştirilmiştir. Bu türbinler devamlı çalışmada 80 MWh elektrik enerjisi üretebilir. Bu da yaklaşık yedi tane Amerikan evinin senelik elektrik harcamasına eşit olmaktadır [11].



Şekil 2. Emergy Firması Tarafından Üretilen direk kanal akışından elektrik üreten bir türbin jeneratör sistemi [11]

Farklı bir kanal tip santral uygulaması da SMART Sulama Kanalı Projesi adıyla Neiva, Kolombiya'da yapılmıştır. Neiva Kolombiya'da pirinç üretiminin yoğun olarak yapıldığı bir tarım bölgesidir. Pirinç devamlı sulama isteyen bir tarım ürünüdür ama bu sulama için sulama pompalarına ihtiyacı olan Neivadaki tarlalar bu kanalları pompaları çalıştırmak için ihtiyaç duyduğu elektriği sağlayabilecek bir elektrik şebekesine bağlı değildir. Bu şebeke sulama pompalarının tahriki 110 kW'lık dizel jeneratörlerle gerçekleştirilmektedir. Ama dizelin litre fiyatının pahalı olması ve emisyonlarının çevreye zararlı olması bu sistemi dezavantajlı konuma getirmektedir. Bu uygulamada Şekil 3'de görülen SMART Duofloat Türbini dizel jeneratörün yerine doğrudan sulama pompasını tahrik etmek için hizmete sokuldu. Pompadaki su hızının 1.7 m/s olması yıllık ortalama üretimin 1.1 kW a karşılık geldiğini bir diğer deyişle saatte 36 m³ suyun pompalandığını gösterir. Direk bağlantının olduğu bu sistem, akü kullanımını gereksinimini elimine eder. Sonuç olarak, türbine bağlı bu pompa 1,000 m³ suyu, dizel jeneratöre bağlı pompanın pompaladığı fiyatın yüzde 30'u kadarına yapmıştır. Bu projenin kendini amorti süresi ise beş yıldan azdır [12].



Şekil 3. SMART Duofloat Türbini [12]

4.SONUÇLAR

Küçük debilerdeki su akışından bile elektrik üretebilen ve elektriğe ihtiyacı olan bölgelere elektrik sağlayabilen bu enerji kaynağının verimliliği kabul edilebilir seviyededir. Bu sistemlerde kanallarda akış oldukça elektrik üretiminde devamlılık sağlanabilir. Barajlarda açığa çıkan kimyasal bileşikler, özellikle büyük barajlarda çevreye zararlı olabilmektedir. Ama sulama kanallarında elektrik üretimi esnasında böyle bir sorunla karşılaşılmaz. Kurulum yapılacak yere ve bölgenin elektrik ihtiyacına bağlı olarak kurulum ücretleri 2000 ve 30000 dolar değişebilen bu sistemlerde bakım maliyetleri de konvansiyonel hidroelektrik santrallere göre daha ucuzdur. Az miktarda bir sermayeyle özellikle küçük köy ve yerleşim yerlerinin elektrik ihtiyacı rahatlıkla karşılanabilir [1,10,13,14].

Sulama kanallarından elektrik üretiminin dezavantajlarından bahsedilirse düşü yüksekliği, debi ve istenilen güç üretimi gibi büyüklükleri saptarken uygun bölge seçimi önemlidir. Akışın hızı ve debisinin değiştirilmesi daha fazla elektrik ihtiyacı söz konusu olduğunda mümkün olmayacaktır. Sulama kanallarında yılın bazı aylarında su akışı azalacağından yıllık enerji planlaması yapılırken bu hususun göz önünde bulundurulması da bir zorunluluktur [1,10,13,14].

Genel olarak bakıldığında son zamanlarda yapılan çalışma ve uygulamalar sulama kanallarında elektrik üretiminin temiz, güvenilir ve verimli bir enerji yönetimi olduğunu işaret etmektedir.

KAYNAKÇA

1. Tatsuki U. vd. (2013). Review- Perspectives of Small-Scale Hydropower Generation Using Irrigation in Japan. The Japan Agricultural Research Quarterly, 47(2), 135-140.
2. Usama M., Habib S., Hussain H. (2015). Power generation from canal system using adjustable Twisted Blade Turbine. International Conference on Emerging Technologies (ICET), 19-20 Ara. 2015 içinde, (S. 1-4), Peshawar, PAKİSTAN.
3. Botto A. (2010). Regional-scale assessment of energy potential from hydrokinetic turbines used in irrigation channels. SEEP2010 Conference Proceedings. 29 Haziran – 2 Temmuz içinde, Bari, İTALYA.
4. Tutuş A. (2005). Barajlar ve Hidroelektrik Santraller. III. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI SEMPOZYUMU. 19-21 Ekim 2015 içinde, Mersin, Türkiye.
5. Veriler. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik> adresinden erişildi. (E.T: 01.04.2018)
6. Hadjerioua B. vd. (2016). Small Hydropower Development on Irrigation Canals in the United States: The 45- Mile Hydropower Project 3MW Project Performance and Lessons Learned- Full Story. Hydro Vision International. Temmuz 2016 içinde, Minneapolis, ABD.
7. Kamal M. (2017). Scenario of Small Hydro Power Projects in India and Its Environmental Aspect, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Volume: 04 Issue: 10.
8. Exploring the Viability of Low Head Hydro in Colorado's Existing Irrigation Infrastructure Final Report (2011)-Applegate Group, Denver.
9. Sulama kanallarında yararlanılmayan küçük hidrolik-güç potansiyelinin değerlendirilmesi. <https://www.hydroworld.com/articles> sitesinden erişildi. (E.T: 01.04.2018)
10. Koko, S.P., 2014. Techno-economic analysis of an off-grid micro-hydrokinetic river system as a remote rural electrification option. Tez. Central University of Technology, Free State, Bloemfontein, Güney Afrika.
11. Ezber bozan enerji-Su kanallarındaki hidroelektrik santraller. <https://denverwatertap.org> sitesinden erişildi. (ET: 04.04.2018)

12. Dünya genelinde şebekeye bağlı olmayan kırsal kesimlerin elektrikleştirilmesi. <https://www.smart-hydro.de/> Project sitesinden erişildi. (ET: 03.04.2018)
13. Ramos HE, Almeida AB (1999). Small hydropower schemes as an important renewable energy source, Publicacao com Referee International, Hidroenergia 99, Viyana, Avusturya.
14. 14.Sulama kanallarındaki mini hidroelektrik santrallerin avantajları dezavantajları makale <https://www.turbulent.be> sitesinden erişildi. (ET: 05.04.2018)

İŞ EKİPMANLARINDA GÜVENLİ ÇALIŞMA: FORKLİFT ÖRNEĞİ

Safe working with Work Equipment: Forklift Example

Naime Filiz (TÜMEN) ÖZDİL* & Fatih EREL & Cem BOĞA*****

Öz: İş ekipmanlarının en çok kullanılan türlerinden biri olan forkliftler güvenlik açısından bu çalışmada irdelenmiştir. Dar alanda hareket edebilme, manevra yeteneği gibi özelliklerinden dolayı her sene piyasada sayıları artan forkliftler, bu özelliklerinin yani sıra aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği açısından birçok sorunu beraberinde getirmektedir. Bu örnek çalışmada, mevzuat ve standartların sahaya yansiyip yansimadığı irdelenmiştir. Konu hakkındaki tüm tarafların bilgi birikiminin arttırılması için bilgilendirme toplantıları yapılması tavsiye edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Forklift, İş sağlığı ve Güvenliği

Abstract: Forklifts that are one of the most used work equipment are investigated in this study with regards to safety. Increasing numbers of forklifts due to features like moving in narrow aisles and maneuver skills, brings along occupational safety and health issues, as well. In this study, it was scrutinized that whether legislation and standards could be reflected into the field. It is highly recommended that all stakeholders of this issue should come together to enhance capacity and disseminate information.

Keywords: Forklift, Occupational Safety and Health

1. Amaç

Araştırma, forklift kullanılan işyerlerindeki mevcut farkındalığı değerlendirmek ve mevzuat ile standartlarda zorunlu tutulan ya da tavsiye edilen kontrol tedbirlerinin sahada uygulanıp uygulanmadığının tespit edilmesi ve bu sorunlar için çözüm önerileri getirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

* (Doç.Dr.); Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, fozdil@adanabtu.edu.tr

** İSG Uzmanı; Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, fatih.erel@csgb.gov.tr

*** (Dr.Öğr.Üyesi); Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, cboga@adanabtu.edu.tr

2. Bulgular

Ülkemizdeki kazalar, Sosyal Güvenlik Kurumunun (SGK) belirlediği başlıklara göre sınıflandırılmaktadır. Bu başlıklar genel olarak uluslararası standartlarla uyumlu olmasına rağmen forklift kazaları bazı gelişmiş ülkelerde olduğu gibi forklift kazaları şeklinde belirtilmemekte, bunun yerine devrilen bir cismin altında kalma, motorlu taşıtın devrilmesi, hareket halindeki cisimlere çarpma, bu cisimlerin arasına sıkışma ve motorlu taşıtın yayaya çarpması sonucu yaralanmalar şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında İstanbul ve Ankara illerinde 8 işletmeye ziyaret yapılmış ve toplamda 18 forklift, görev tanımında yer alan araca binilmesi, çalıştırılması, yükün alınarak istiflenmesi, fabrika içi ve dışı trafikteki hareketleri ve yükün boşaltılması gibi tüm süreçler açısından incelenmiştir.

Forklift kullanan operatörlerin Mesleki Yeterlilik Kurumu (MYK) tarafından ulusal yeterliliklerdeki karşılığı Endüstriyel Taşımacıdır. Çalışmanın hazırlandığı tarih itibarıyla Türkiye genelinde belgelendirilmiş yalnızca iki kuruluş bulunmaktadır.

8 işletme 18 forklift ile gerçekleştirilen çalışmalara ait bazı bulgular şu şekildedir:

- 2 operatörün forklift operatörlük belgesi bulunmamaktadır.
- 3 işletmenin iş sağlığı ve güvenliği yetkililerinin ve forklift operatörlerinin işletme için hangi forklift tipinin uygun olduğu hakkında bilgisi bulunmamaktadır.
- 4 forklifte tip etiketi bulunmamaktadır. Bahsi geçen forkliftlerin sadece dördünde tip etiketi Türkçedir.

- Yalnızca 5 forklifte yük çizelgesi bulunmaktadır.
- 8 işletmeden 6'sı forklift periyodik kontrollerini üç ayda bir, diğer işletmeler ise senede bir yaptırmaktadır.
- 18 forkliftten yalnızca birinde operatörü kısıtlayıcı bir sistem görülmemiş, buna ek olarak 3 operatörün emniyet kemerini işi aksatması sebebiyle kullanmadığı gözlemlenmiştir.
- 5 işletme, forkliftleri işletme dışında kullanırken fabrika dışı hız sınırını 30 km/s olarak belirlemiştir. 2 firmada işletme içi hız sınırı bulunmazken, diğerlerinde 10 km/s değerinin belirlendiği gözlemlenmiştir.

3. Tartışma

Sahip olduğu özellikler ve farklı ortamlarda farklı tiplerinin kullanılabilmesi nedeniyle nakliye ve depolama alanında vazgeçilmez bir hale gelen forkliftler, iş sağlığı ve güvenliği alanında da önemli bir yer almaktadır.

Teknik bir ekipman olması sebebiyle forkliftler, ciddi bir teknik eğitim ve devamında bu bilgilerin sınav yoluyla doğrulanmasını gerektirmektedir. MYK, bu konu ile ilgili Endüstriyel Taşımacı mesleki yeterliliğini yayınlamış olmasına rağmen gerek kurumun uyguladığı meslek standartları ve yeterlilikleri sürecinin yeni olması gerekse bahsi geçen yeterlilikte yetkilendirilmiş yalnızca iki kuruluş olması forklift özelinde mesleki yeterlilik sürecinin henüz başarılı olamamasını beraberinde getirmiştir.

8 işletmeden 3 işletmenin hangi forklift tipini kullanacağını dahi bilmemesi, işverenlerin kulaktan dolma veya kendi sahip oldukları bilgilerle ekipmanları temin ettiğini göstermektedir. Halbuki İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliğinde işverenin temin ve kullanımdaki yükümlülükleri net bir şekilde ortaya konmuştur.

Forkliftin performans değerlerinin yer aldığı tip etiketi, çatalın hangi noktasında ne kadar yük taşınabileceğini gösteren yük çizelgesiyle beraber operatörlere ekipmanla ilgili önemli bilgi sağlamaktadır. Yasal yükümlülükler rağmen 4 forklifte tip etiketinin bulunmaması ve 13'ünde yük çizelgesinin bulunmaması düşündürücüdür. Tip etiketinin ve yük çizelgesinin sadece araçta bulunması değil aynı zamanda görülebilir olması ve operatörün konu hakkında eğitilmesi gerekmektedir. Operatörlerin çoğunluğunun lise altı eğitim düzeyi olduğu göz önüne alındığında İngilizce tip etiketi ve yük çizelgesi de bir anlam ifade etmemektedir. Yük çizelgeleri çatalda merkezden uzaklaşılan her milimetrede çatalların kapasitesi azalmakta olduğunu gösterdiği için yük taşımayı planlamadan önce bu çizelgelere başvurulmalıdır.

Özellikle kaldırma ekipmanlarında periyodik kontroller, her ne kadar ekipmanın mevcut durumunu gösterse de ekipmanı yormaktadır. Bu sebepten risk değerlendirme sonuçları istisna tutulmak kaydıyla Ağaoğulları'nın belirttiği gibi, periyodik kontrolleri kısa aralıklarla yapmak yerine Yönetmelikte belirtilen sürelerle göre gerçekleştirmek daha yerinde olacaktır. İşletme

periyodik kontrolleri kendi personeliyle gerçekleştiriyorsa bu kişilerin, hizmet alınıyorsa gerekli bilgi verilerek periyodik kontrolü gerçekleştirecek yetkilendirmiş kişilerin aşınma, kopma ve yorulma gibi teknik faktörleri göz önünde bulundurarak süreleri belirlemesi gerekmektedir.

Forkliftlerde operatör kısıtlayıcı sistem olarak yaygınlıkla emniyet kemerleri kullanılmaktadır. Kemerler, kararlılığı diğer kaldırma ekipmanlarına göre görece olarak daha düşük olan forkliftlerde çok büyük önem arz etmektedir. Özellikle devrilme durumlarında yapılacaklar operatörlere eğitimlerde aktarılmalı ve operatörler, çalışma boyunca kemer kullanmaları konusunda uyarılmalıdır.

Larsson'un çalışmasında belirttiği gibi yaya-forklift kesişimi mümkün olduğu kadar azaltılmalı, hız sınırlayıcıları kullanılmalıdır. Birçok forklift üreticisi hız sınırlayıcısı sağlamaktadır ayrıca hız sınırlayıcıları sonradan da eklenebilmektedir. İlave olarak WorkSafe Victoria'nın önerdiği üzere forkliftler için yayaların izole edildiği alanlar oluşturulması ve forklift hız sınırlarına göre bu alanların büyüklükleri belirlenebilir.

4. Sonuç ve Öneriler

Forkliftlerde en sık görülen kaza sebepleri devrilme, sıkışma ve parça düşmesidir. İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliğinde bu sebeplerin çözümleri bulunmaktadır. Ancak gerek işverenlerin gerekse İş Sağlığı ve Güvenliği profesyonellerinin konu hakkında özellikle teknik

bilgiye sahip olmadığı ve dış kaynaklara başvurmadığı görülmektedir.

Üreticilerin, işverenlerin ve iş güvenliği uzmanlarıyla iş hekimlerinin katılacağı seminerler, hazırlanacak rehberlerle konu hakkında bilgilendirme yapılması gerekmektedir.

XVI. KAYNAKÇA

İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği. (2013). *T.C. Resmi Gazete*, 25 Nisan 2013

http://portal.myk.gov.tr/index.php?option=com_yeterlilik_ara
(Erişim Tarihi: 15/02/2018)

Ağaoğulları, S. (2013). *Türkiye`de ve Avrupa`da Kaldırma Makinalarının Periyodik Kontrolleri*. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 2013.

Larsson, T.J., Horberry, T., Brennan, T., Lambert, J., Johnston, I., 2003. *A Guidebook of Industrial Traffic Management and Forklift Safety*. Monash University Accident Research Centre Guidebook, Australia.

WorkSafe Victoria, 2005a. *Forklift Safety, Reducing the Risk: Forklift Instability*. WorkSafe Victoria Guide Publication, Australia

DOĞA TEMELLİ ALGORİTMİK TASARIM YAKLAŞIMI: BIYOMİMESİS YOLUYLA KONSEPT BİR ÖRTÜ TASARIMI

MERVE ERTOSUN YILDIZ*, ARZU ÖZEN YAVUZ**

Öz: Her geçen gün değişen ve gelişen teknolojilerle tasarımda veri kullanımının gelişmesi, günümüz yapı tasarımı yaklaşımlarını etkileyerek, mimari tasarım sürecini farklı boyutlara ulaştırmıştır. Tasarımda veri kullanımı, tasarımcılara, algoritmik bir bakış kazandırarak biçimsel birçok alternatifin bütünleşik şekilde görünümünü sağlamaktadır. Algoritma, “iyi tanımlanmış kuralların ve işlemlerin adım adım uygulanmasıyla bir sorunun giderilmesi veya sonuca en hızlı biçimde ulaşılması işlemi” olarak tanımlanmaktadır(TDK). Ancak burada esas olan tasarımı oluşturacak kurallar dizisinin iyi tanımlanmasıdır.

Tasarım kurallarını oluşturmanın yöntemlerinden biri de milyonlarca yıldır kusursuz bir işleyiş içinde olan doğa dan öğrenme yoludur. Biyomimesis olarak adlandırılan bu yöntem, doğada bulunan organizmaların taklit edilerek veya onların işlevsel özelliklerinden ve sistemlerinin işleyiş ilkelerinden ilham alınarak insanların ihtiyaçlarına cevap bulmaya çalışan bir arayıştır. Bu alanda önemli çalışmalar yapan Benyus, biyomimikriyi insanların sorunlarına çözüm bulmak adına doğanın modellerini inceleyen, taklit eden ve ilham alan yeni bir bilim olarak tanımlar ve doğanın bir model, ölçüt veya mentor olarak tasarımlara yön veren veri olarak kullanılabileceğini belirtir. Mimaride tasarım stratejisi olarak biyomimikrinin kullanılması; tasarım ile ilgili problemlerin tanımlanıp bu ihtiyaca yönelik doğada bir çözüm arayışına gidilerek en uygun organizma ya da ekosistemin bulunması “biyolojiyi sorgulayan tasarım”, ve bir organizma ya da ekosistemde davranış, fonksiyon gibi özelliklerin belirlenerek yeni bir tasarım geliştirmesi “tasarımı etkileyen biyoloji” olarak iki grupta belirtilmektedir. Bu çalışmada doğadaki bitki ve hayvanların, koruma/korunma içgüdüsüyle gerçekleştirdiği davranışlarından öğrenme yoluyla, yarı açık alanlarda kullanılacak bir üst örtü sisteminin tasarlanması için konsept geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, Pangolin canlısının karşı bir davranış gördüğünde tepki olarak kendi kabuğuna kıvrılarak kendini tamamen kapatması ve biçim değiştirmesi tasarımı yönlendiren veri olarak kullanılmıştır. Bu doğrultuda öncelikle panellerle oluşturulan tasarım modülü belirlenmiştir. Doğal model olan pangolin’in karşılaştığı bir etki; modülde değişen fiziksel çevre şartları; doğal modelin verdiği tepki ise, çeşitli hava koşullarına göre panellerin belirli oranda açılıp kapanması olarak belirlenmiş ve uygun konfor koşullarının sağlanması hedeflenmiştir.

Anahtar kelimeler: Algoritmik Tasarım, Biyomimesis/Biyomimikri, Hareketli Paneller

1. Doğa Temelli Yaklaşım: Biyomimesis

Biyomimesis, “doğadan tasarımın soyutlanması” veya “doğanın tasarımlarını ve süreçlerini daha sağlıklı ve sürdürülebilir bir gezegen yaratmak için öykünen yeni bir disiplin” olarak tanımlanmaktadır(Lopez vd., 2017). Bu yaklaşım, doğada bulunan canlıların işlevsel özelliklerinden ve sistemlerinin işleyiş ilkelerinden ilham alınması,

öğrenilmesi, esinlenilmesi ya da taklit edilmesiyle var olan problemlere cevap aramaktadır.

Benyus, konuyla ilgili yayımlanan kitabında biyomimikri kavramını, insanların sorunlarına çözüm bulmak adına doğanın modellerini inceleyen, kavrayan ve öğrenen yeni bir bilim olarak, doğayı da doğal objenin formunun alınıp biçimsel kaygılarla ve bir analogiyle yapıya aktarılması olarak “bir model(as a model)”, yapılaşmada gözlemlenen oluşum biçiminin; (malzeme, form, ve strüktürün oluşum sürecinin) deneysel verilerle mimari forma dönüştürülmesi olarak “ölçüt(as a measure)” ve “akıl hocası(as a mentor)” olarak görmeyi ifade etmektedir (Benyus, 1997).

1.1. Biçimsel Yaklaşım Olarak Biyomimesis

Yaşamın temel gereksinimlerinden olan barınma ihtiyacı nedeniyle insanoğlu, bilinçli ya da bilinçsiz bir şekilde doğayı gözlemlemiş ve doğanın malzeme, form, strüktür birlikteliğini, bina yapma teknikleri olarak kullanmıştır. Bu bağlamda aslında mimarlık, doğadan öğrenme, esinlenme ya da doğayı taklit etme yönteminin kullanıldığı ilk alan olarak düşünülebilmektedir (Selçuk, Sorguç, 2006) 20 yy. ortalarına kadar mimarlıkta, doğanın model olarak kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 1. Doğa ve mimarlık benzeşimleri üzerine örnekler [Portoghesi, 2000: Aktaran Selçuk, Sorguç ve Özdemir, Selçuk]

Sonraki süreçte, genellikle biçimsel taklit olarak form bulma arayışında doğadan yararlanıldığı görülmektedir. Art Nouveau akımında özellikle bitki desenleri çeşitli özelliklerle süsleme figürü olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2. Art Nouveau akımında kullanılan bitkisel formlar(URL 1 -2)

Art Nouveau akımının ve modern mimarlığın öncü isimlerinden Antonio Gaudi de tasarımlarında coğrafi oluşumlardan, bitkilerden, hayvanlardan ilham alarak genellikle kemik, ağaç dalları, bitki yaprakları, iskelet vb. formlarını yapılarında üslup olarak kullanmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Antoni Gaudi'nin yapılarında görülen doğa formları(URL 3)

Böcek kabuklarının yapı kabuğuna dönüştüğü, ünlü mimar Frank Gehry'nin sıklıkla uyguladığı balık figürünü yapı figürüne dönüştürdüğü örnekler ve organik mimarlığın öncüsü olan F.L. Wright'ın mantar biçimini Johnson Wax Building binasında taşıyıcı kolanlara dönüştürmesi doğadan esinlenerek oluşturulan yapısal formlara örnek olarak karşımıza çıkmaktadır(Şekil 4).



Şekil 4. Doğadan esinlenen mimari formlar(URL 4-7)

1.2. Süreç Benzetimi Olarak Biyomimesis

20 yy. da doğal kaynak kısıtlılığı, toplam enerji tüketimi ve her gün yapılaşmayla gelen yeni ayak izleri çevresel sorunların artmasında en önemli etkenlerdir. Yapı sektörünün büyümesiyle giderek artan ve artacak olan bu sorunun çözümü için bilim dünyasında teknolojiden de faydalanarak mimarlık disiplinde de çeşitli çözümler geliştirilmiştir. Daha az enerji tüketen, az malzeme kullanan, çevreye saygılı ve duyarlı yapılar üretmek gibi sürdürülebilirlik kaygılarını barındıran yaklaşımlar günümüz tasarımlarının duyarlı yaklaşımlarıdır. Bu noktada, biyomimesisin kısıtlı kaynak konusunda pek çok sorunu halletmiş olan doğayı örnek alması, tasarım ve tasarımcıyı sürece dahil ederek doğadan öğrenilen/ilham alan çözümler geliştirmeyi gerekliliğini ortaya koymuştur. Teknolojiyle birlikte gelişen imkanlar sayesinde doğayı gözleme ve inceleyebilme olanağı artmıştır. Bu sayede gerek mimarlık gerekse diğer alanlarda yapılacak tasarımlar için biyomimesis yaklaşımıyla ulaşılan sonuç ürünler artmıştır. Arının kuyruğundan esinlenilerek kalça eklem cerrahisi için yeni bir matkap geliştirmek, lotus çiçeği bitkisinin kir tutmama özelliğinden faydalanarak su ve kir tutmayan kumaş-boya geliştirmek ve dulavrat otunun özelliğinin keşfi ile cırt cırt yapışkanlarının üretilmesi, farklı alan dallarında biyomimesis etkisinin görüldüğü örnekler arasındadır.



Şekil 5. Farklı disiplinlerde doğadan öğrenilerek tasarlanmış örnekler(URL 8-10)

Mimarlıkta, biyomimesis yaklaşımı Benyus ve Koelman' a göre 3 temel uygulama alanı bulabilmektedir:

- Daha dayanımlı, güçlü ve kendi kendine 'birleşebilen' ve kendi kendini onarabilen malzemelerin geliştirilmesinde,
- Binaların ve yapıları çevrenin iklimlendirilmesinde doğal süreç ve kuvvetlerin kullanılmasında,
- Enerji korunumlu ve çevrimli, atıkların tekrar kullanılmasına olanak veren, kaynakları tüketerek değil kaynak üreterek yapıları çevrelerin oluşturulmasında(Aktaran Selçuk, Sorguç).

Mimarlıkta tasarım stratejisi olarak biyomimesisin kullanılması Benyus'tan farklı olarak Zari'ye göre:

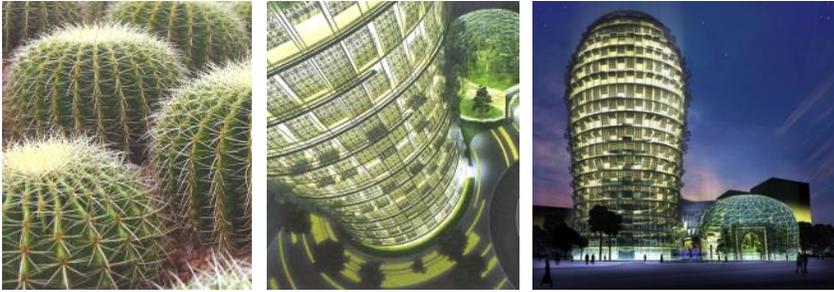
- Tasarım ile ilgili problemlerin tanımlanıp bu ihtiyaca yönelik doğada bir çözüm arayışına gidilerek en uygun organizma ya da ekosistemin bulunması "biyolojiyi sorgulayan tasarım",
- Bir organizma ya da ekosistemde davranış, fonksiyon gibi özelliklerin belirlenerek yeni bir tasarım geliştirmesi "tasarımı etkileyen biyoloji"

olarak iki grupta belirtilmektedir(Zari, 2007).

Bir başka deyişle bir tasarım probleminin çözümü ya doğada aranır ya da tasarım başlangıçtan itibaren doğadan alınır. Bu aşamada tasarımcıların biyologlarla işbirliği içinde olması oldukça önemlidir. İlk

yaklaşımında, tasarımcıların ve biyologların, sorunları, benzerleri çözmüş olan organizmalarla eşleştirmek için tanımlamalarını gerektirir. Bu yaklaşım, tasarımcılar için tasarımın ilk hedeflerini ve parametrelerini belirleyerek etkili bir şekilde yönetilmektedir. İkinci yaklaşımda biyologlarla daha detaylı ve uzun süre çalışmayı gerektirmektedir. Aynı zamanda Zari bu iki yaklaşımın tasarıma uygulanışı için, organizma/biçim, davranış/süreç ve ekosistem olarak üç biyomimesis seviyesi belirlemiştir. Organizma ve davranış seviyesinde herhangi bir organizmanın biçim ve davranışının taklit edilebilirliği ön planda iken; organizma düzeyi ise taklit edilmesi gereken belirli yönleri araştırmak için incelenebilecek olandır. (Zari,2007).

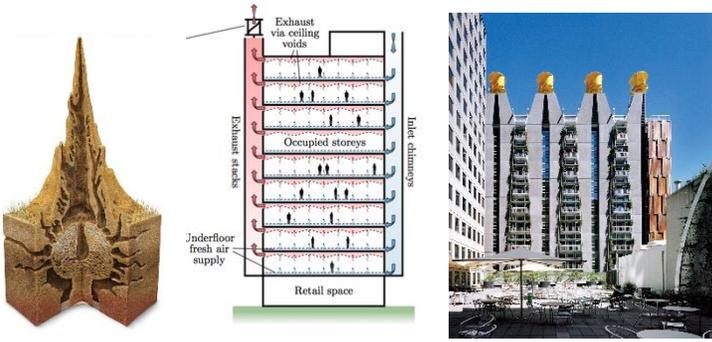
Aesthetics Architects GO Group tarafından Katar'da MMAA(Minister of Municipal Affairs & Agriculture Building) yapılan bu bina sıcak ve kuru ortamlarda kaktüsün başarıyla hayatta kalma yeteneğinden ve kaktüs biçiminden esin kaynağını almaktadır. Kaktüsün biçimsel formundan da etkilenen bu yapı Zarinin sınıflandırmasına göre organizma düzeyindedir(Yedekçi,2015)



Şekil 6. Kaktüs biçimi ve Minister of Municipal Affairs & Agriculture Building binası(URL 11)

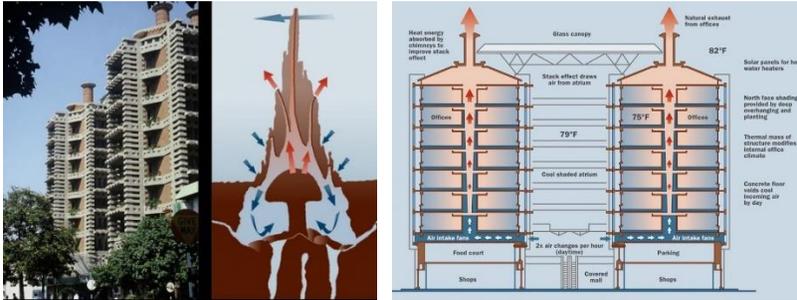
Herhangi bir organizmanın kendi ortamıyla nasıl ilişki kurduğunu ve nasıl davrandığını gözlemlemeye dayalı olan biyomimesis düzeyi

davranış düzeyidir. Avustralyanın Melbourne şehrinde yapılan (CH2) binası son dönemlerde yapılan nitelikli biyomimesis uygulamalarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Termitlerin iklim koşullarına göre yapı tasarımları ve ve dış ortam koşulları ne olursa olsun sabit sıcaklığı sağlayabilmeleri gibi özelliklerinin örnek alındığı projede, ek olarak cephe kaplamasının seçimi, suyun kullanımı, güneş enerjisinden faydalanma ve korunma gibi özellikler sürekli bir süreç olarak ele alınmıştır(Yedekçi(2015); Çınar vd(2017).)



Şekil 7. Termit kulesi ve CH2(Council House) binası(URL 12-14)

Mimar Mick Pearce, Harare, Zimbabwe'deki Eastgate Binası'nda da termit kulelerinden faydalanmış, binada mekanik havalandırma sistemi kullanmaya gerek kalmamıştır(Tekin, Kurugöl,2011).



Şekil 8. Termit kulelerinden öğrenilen havalandırma yöntemiyle Eastgate Binası(URL 15)

2. Materyal ve Yöntem

Üretken tasarım sistemlerinden olan biyomimesis doğa-gözlem-tasarım üçgeniyle çalışan ve birçok disiplinde farklı bakış açıları getirerek çeşitli çözüm yolları sunan bir yöntemdir. Çalışmada öncelikle biyomimesis hakkında yapılan çalışmalar derlenerek gerekli kuramsal altyapı oluşturulmuştur. Sonraki aşamada biyolojiyi sorgulayan tasarım yaklaşımıyla yarı açık alanlarda kullanılmak üzere bir üst örtü sisteminin tasarlanması için konsept geliştirilmiştir.

2.1. Analiz ve Tasarım Kurallarının Belirlenmesi

Doğada yaşayan hayvanlar karşılaşacakları herhangi bir etkiye karşı çeşitli koruma içgüdüleri ile donanmışlardır. Deri, pek çok hayvanın koruma amacıyla kullandığı temel mekanizmadır. Bazılarında kamuflaj ögesi olarak kullanılırken, bazılarında da çeşitli toksinlerin salgılandığı bölgelerdir. Bazı hayvanların derileri ise kabuklarla kaplıdır. Bu kabuklar, çeşitli saldırılardan kurtulmak üzere geliştirilen zırhlar olarak betimlenebilmektedir(Yedekçi, 2015) .

Yapılan çalışmada doğada var olan hayvanların, koruma/korunma içgüdüleriyle gerçekleştirdiği davranışlar analizlenerek tasarım kuralları belirlenmiştir. Pangolin canlısı doğal model olarak seçilmiş ve herhangi bir fiziksel etkiye karşı korunma yöntemi tasarımı yönlendiren veri olarak kullanılmıştır.



Şekil 9. Pangolin ve etkiye karşı verdiği tepki(URL 16,17)

Problem tanımı: Yarı açık alanlar için üst örtü tasarımı



Fonksiyon belirleme: Fiziksel çevre koşullarına bağlı olarak hareketli bir sistem oluşturulması



| BİYOLOJİ | MİMARLIK |
|------------------------|---|
| Doğal Donanım | Mimari Tasarım |
| Pangolin | Üst örtü |
| Tehlikeyle karşılaşma | Fiziksel çevre koşullarının değişmesi |
| Etkiyi algılama | Etkiyi algılama |
| Kapanıp büzülme | Hava şartlarına göre üst örtü birimlerinin açılıp kapanması |
| Korunma | Korunma |
| Hayatta kalma | Uygun koşulların sağlanması |



Biçimsel formun belirlenmesi: Her mekan için modüler sistem tasarımına uygun 1m x 1m lik birim oluşturma



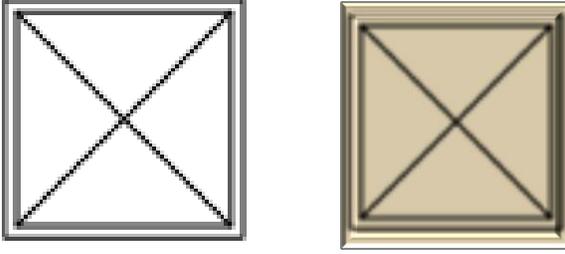
Üreme kuralı: Birim modülün kullanılacağı mekan boyutuna göre kendini tekrarlayarak çoğalması



Sonuç ürün

Şekil 10. Tasarım kuralları dizisi

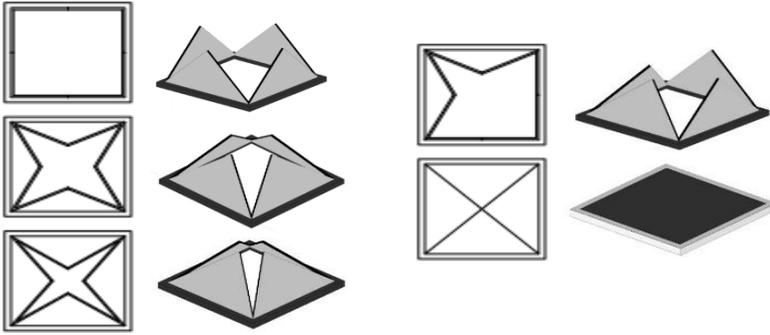
Tasarımda öncelikle, her ölçüdeki mekan için modüler sistem tasarımına uygun çelik konstrüksiyonlu, 1m x 1m lik ana birim belirlenmiştir. Bu modül dört panelden oluşmaktadır.



A.

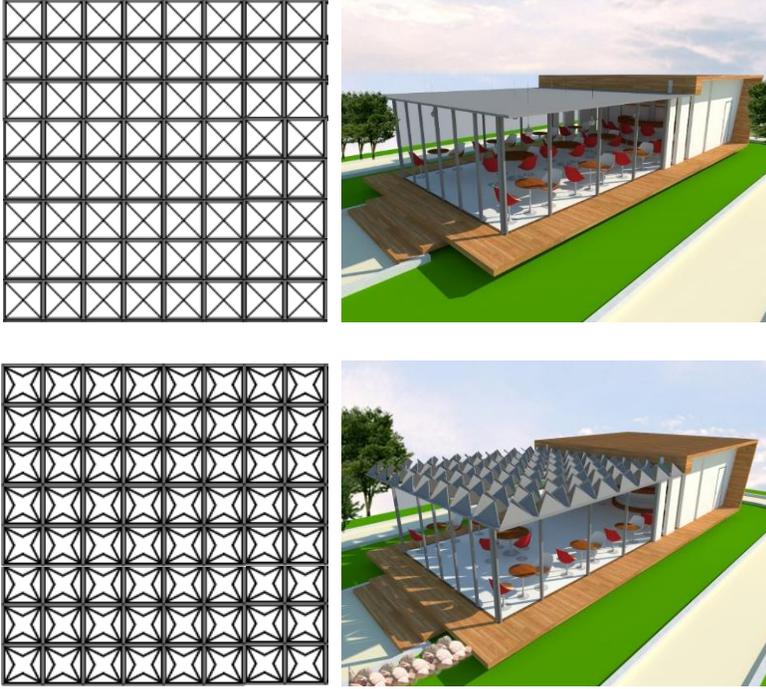
Şekil 11. Modül birimin belirlenmesi

Oluşturulan formun, fiziksel çevre koşullarına göre her bir panel açılarının değişerek oluşturduğu açıklıklar belirlenmiştir. Her bir birimi oluşturan panel aldığı güneş ışığı açısı gibi değişen çevre koşullarına göre değişebilmekte ve mekan kullanıcıları için uygun konfor koşullarını sağlamaktadır.



Şekil 12. Modülün fiziksel çevre etkilerine karşı farklılaşan açıklıkları ve perspektif görünümü

Oluşturulan modül 8 metreye 8 metrelik bir mekan için çoğaltılmış ve uygulanmıştır.



Şekil 13. 8 m x 8 m bir mekanda üst örtü kurgusu

Yapılan çalışma doğadan öğrenilen fikirlerin tasarıma nasıl uygulanacağı konusunun anlaşılması amacıyla çalışılan temel düzeyde bir konsept çalışmasıdır ve sonraki süreçte çalışmalarla gelişmeye açık durumdadır. Örneğin, modüllerin açılıp kapanması için gerekli enerjinin sağlanması her bir panel üzerine konumlanacak güneş enerjisi panelleri ile üretilebilir ya da plakaları oluşturacak malzeme niteliğine göre farklı yollar izlenebilir.

3. Sonuç

Biyomimesis birçok disiplinde problem çözmek üzere faydalanılabilir bir yöntemdir. Mimarlık ve biyomimesis ilişkisi de gün geçtikçe artmakta ve doğadan öğrenilen çözümler farklı şekillerde örneklenerek karşımıza çıkmaktadır. Doğadan esinlenme/öğrenme/ ilham alma yaklaşımı, yapılacak tasarımlar için üretken bir sistem modelini

oluşturmaktadır. Bu model sancılı ve karmaşık olan tasarım sürecini, tasarımda veri kullanımının gelişmesiyle daha kapsamlı ve bütünlüklü sonuçların elde edilmesiyle en uygunu seçme kolaylığını sağlaması açısından imkan sağlamaktadır.

Yapılan çalışma doğadan öğrenme/esinlenme yaklaşımının uygulanma sürecinin mimari tasarımda nasıl uygulanacağını temel seviyede bir göstergesidir. Bu üretken sistem için sonraki süreçte yapılacak çalışmalarla bilgisayar ortamında çeşitli alternatifler kurgulanarak süreç ve sonuç ürün değiştirilebilir, geliştirilebilir ve yeni yaklaşımlarla sonuçlanabilir.

Sonuç olarak, tasarım yaklaşımı olarak uygulanan biyomimesis, tasarımcıya ufuk açıcı, uyarıcı ve yol gösterici bir sistemdir.

Kaynaklar

Benyus, J., “Biomimicry: Innovation Inspired by Nature”. William Morrow Company Inc., Newyork, 1997.

Çınar, H., Müezzinoğlu, M.,K., Sungur, M.(2017), “Tasarım Eğitiminde Form Yaratma Sürecine Bir Örnek: Biyomimesis”, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 5, Sayı: 63, s. 654-664.

Karabetça, A.,R.,2015, “Doğadan Esinlenmiş Tasarımlar: Tasarım Stratejisi Olarak Biyomimikri” MSGSU 4. Ulusal İç Mimarlık Sempozyumu 2015-Mekan Tasarımında Disiplinlerarası Yaklaşımlar Konferansı, İstanbul.

López, M., Rubio, R., Martín, S., Croxford, B.,(2017), “How plants inspire façades. From plants to architecture: Biomimetic principles for the development of adaptive architectural envelopes” Renewable and Sustainable Energy Reviews ,67,692–703.

Selçuk Arslan, S., Sorguç Gönenç, A., (2007), “Mimarlık Tasarımı Paradigmasında Biomimesis’in Etkisi”, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 22, No 2, 451-459.

Özdemir N.,B., Selçuk, S., A.,2016 “Tree Metaphor in Architectural Design”, International Journal of Architecture and Urban Studies(IJAUS) V:1, N:1,İstanbul, 64-76.

Tekin,Ç., Kurugöl S.(2011), “Üç Canlı İle Çevre Dostu Üç Bina”, e-Journal of New World Sciences Academy, Volume: 6, Number: 4, 943-952.

Yedekçi, G., 2015, “Doğayla Tasarlamak”, Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi, İstanbul.

Zari M P., 2007. “Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability”, SB07 Yeni Zelanda, 33-41.

URL 1: <http://www.tempomag.com.tr/detail/dunyayi-guzellestiren-akim-art-nouveau>

URL 2:

<https://i.pinimg.com/originals/0c/6b/03/0c6b035f910e89a1c77f4a247f0e3cf5.jpg>

URL 3: <http://birgunbiryerde.blogspot.com.tr/2012/11/dogaustu-tasarmlarn-mimar-antoni-gaudi.html>

URL 4:

<http://v3.arkitera.com/tools/watermark.php?src=UserFiles/Image/ig/Gundem/Biomimicry/111.jpg>

URL 5:

<http://v3.arkitera.com/tools/watermark.php?src=UserFiles/Image/ig/Gundem/Biomimicry/112.jpg>

URL 6: <http://sanatkaravani.com/wp-content/uploads/2014/12/32.jpg>

URL 7: <http://v3.arkitera.com/tools/watermark.php?src=UserFiles/Image/ig/Gundem/Biomimicry/107.jpg>

URL 8: <http://www.kiyoharunakajima.com/>

URL 9: http://www.tarim.com.tr/upload/galeriler/1000/untitled_1decdb8f-9d9b-4aec-acde-daed97d96e76.png

URL 10: <http://majasdiary.com/wp-content/uploads/2015/11/lotus-flower-2.jpg>

URL 11: <https://inhabitat.com/qatar-cactus-office-building/cactus-building-3/>

URL 12: <http://kulturbahcesi.com/wp-content/uploads/2015/11/KB-TermitlerveMimari2.jpg>

URL 13: <https://static1.squarespace.com/static/560fd9f1e4b0c37386d83237/t/56191d7ae4b0cf5700fb30a5/1444486525287/?format=500w>

URL 14: https://images.adsttc.com/media/images/51cc/7166/b3fc/4be5/6b00/0077/large_jpg/04_CH2_Dianne_Snape.jpg?1372352850

URL 15: <https://i.pinimg.com/originals/c1/ad/01/c1ad01bf16c81ac9dfdc787031f14b91.jpg>

URL 16:

http://www.aljazeera.com.tr/sites/default/files/2014/07/30/pangolin_001_promo.jpg

URL 17:

<http://i.hurimg.com/i/hurriyet/75/770x0/5915ad1bc03c0e493c344117>

METAKAOLİN KATKILI BETONLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

*An Investigation of Mechanical Properties of Metakaolin Additive
Concrete*

Kadir GÜÇLÜER* & Osman GÜNAYDIN**

Öz: Kaolin mineralinin kalsinasyon işlemine tabi tutulmasından sonra oluşan malzemeye metakaolin adı verilmektedir. Kimyasal bileşimi ve tane dağılımı incelendiğinde metakaolin'in beton üretiminde çimento ikamesi olarak kullanılabilceği düşünülmektedir. Ayrıca literatürde metakaolinin betonun durabilitesini iyileştirdiği yönünde yorumlar da bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı metakaolin ikameli beton örneklerinin mekanik özelliklerini araştırmaktır. Bu doğrultuda beton karışımı içerisine, metakolin çimentonun %5, %10 ve %15'i oranlarında ikame edilmiş ve her bir ikame oranında 9 adet numune üretilmiştir. Örnekler üretildikten sonra 7, 28 ve 56 gün süresince kür havuzunda bekletilmiş, daha sonra örnekler üzerinde basınç dayanımı deneyi uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, metakaolin ikameli örneklerin basınç dayanımı değerlerinde şahit numunelere göre daha yüksek sonuçlar tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Beton, Metakaolin, Dayanım.

Abstract: The material formed after the calcination of the kaolin mineral is called metakaolin. When the chemical composition and particle distribution are examined, it is thought that metakaolin can be used as cement substitute in concrete production. There are also comments in the literature that metakaolin improves concrete durability. The purpose of this work is to investigate the mechanical properties of metakaolin incremental concrete specimens. In this direction, 5%, 10% and 15% of metakaolin cement were substituted in the concrete mixture and 9 samples were produced at each substitution ratio. The specimens were stored in the curing pool for 7, 28 and 56 days after the specimens were produced, then compressive strength test was applied to the specimens and the results were compared. As a result, the compressive strength values of metakaolin additive samples were higher than those of witness samples.

Key words: Concrete, Metakaolin, Compressive strength.

1. Giriş

Metakaolin, saf hale getirilmiş kaolin kilinin belirli bir sıcaklık aralığında kalsine edilmesi ve sonrasında yüksek inceliğe kadar öğütülmesi sonucu elde edilen bir reaktif alümino-silikat puzolanıdır (Vu, 2002).

Kaolin minerali, seramik yapımında ısıtıldığında 200 °C'nin altında higroskopik suyunu bırakır. 500-600 °C'de kimyasal formüldeki bağıl suyunu bırakarak metakaoline dönüşür. Dönüşüm sonucunda, alümina ve silika tabakaları, kristal yapılarındaki düzeni kaybeder, böylece kaolin, amorf ve kimyasal olarak reaktif bir yapı kazanır (Bölük, 2011).

Metakaolinin Portland çimentosunun bir kısmının yerine kullanılması sonucu elde edilen betonlar ilk olarak 1962 yılında Brezilya'daki Jupia barajının inşaatında kullanılmıştır. Bu kullanımdaki amaç betonun durabilitesinin artırılması idi. Bu tarihten sonra metakaolinin çimento ve beton içerisinde kullanımında belirgin bir artış olmuştur. Bugün gelinen noktada ise, metakaolinin Portland çimentosu ve normal beton içerisinde kullanımına ek olarak, yüksek performanslı beton ve harç içerisinde de kullanımı mevcuttur. Metakaolin ile ilgili yapılan araştırmaların önemli bir kısmı betonda kullanılması uygun olan optimum metakaolin miktarının belirlenmesine yöneliktir (Hamalı, 2007).

Metakaolin serbet kireç (CH) ile reaksiyona girebilecek aktif formda silika ve alümina içerir. Betonda ve harçta kil bazlı puzolanlar kullanmanın temel sebebi, malzemenin kolay ulaşılabilir olması ve durabiliteyi olumlu yönde etkilemesidir. Ayrıca, kalsine sıcaklığına ve kil tipine bağlı olarak kürün erken yaşlarında yüksek dayanımlar elde etmek de mümkündür. Erken yaşta kazanılan yüksek dayanım metakaolinin filler etkisinden ve çimentonun hidrasyonunu hızlandırmasından kaynaklanmaktadır. Bu etkiler daha sonra, metakaolin ve CH arasındaki puzolanik reaksiyon sonucu güçlenir (Tevrizci, 2010).

Metakaolin çimentolu sistemlerin nihai mukavemet değerlerini arttırmaktadır. Bunun yanında belirli bir orana kadar kullanıldığında ve akışkanlaştırıcı ile desteklendiğinde erken mukavemeti arttırdığı da literatürde izlenmiştir. Yapılan çalışmalar metakaolin kullanımının harç (ya da betonun) eğilme davranışı üzerinde de pozitif etkisi olduğunu göstermiştir (Çimsa, 2018).

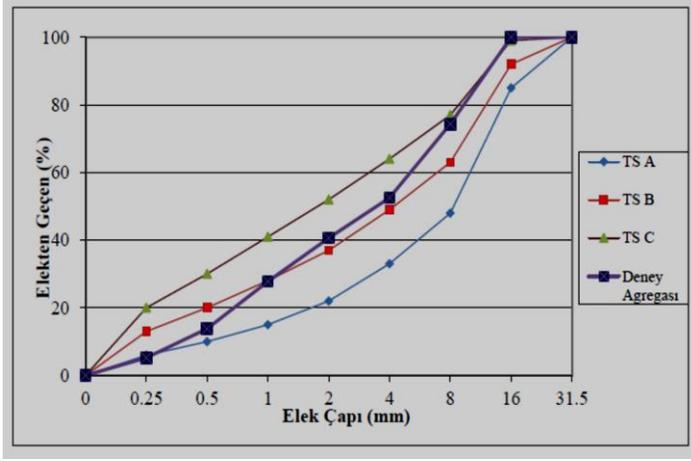
Bu çalışmada, metakaolin katkılı ve katkısız beton deney örnekleri üretilmiş metakaolin katkının beton basınç dayanımı üzerine olan etkisi deneysel olarak araştırılmıştır.

2. Materyal Metot

Yapılan deneysel çalışmada bağlayıcı olarak TS EN 197-1 ile uyumlu CEM II/A-M (P-LL) 42.5 R tipte çimento kullanılmıştır. Çimentonun özgül ağırlığı 3.10 gr/cm^3 olup Blaine incelik değeri $3540 \text{ cm}^2/\text{gr}$ olarak tespit edilmiştir. Agrega olarak Adıyaman ilinden teminden doğal dere agregası kullanılmıştır.

Karışımda kullanılan iri agreganın özgül ağırlığı 2.70 gr/cm^3 , ince agreganın ise 2.67 gr/cm^3 olarak ölçülmüştür. Agregaların içerisinde beton karışımında tehlike yaratabilecek zararlı bileşene rastlanılmamıştır.

Agregalardan elde edilen granülometri eğrisi referans eğriler arasında olup, üretim için uygundur.



Şekil 16. Karışım granülometrisi

Deney örneklerinin üretimi için hesaplanan karışım değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Karışımındaki S/Ç oranını sabit tutularak metakaolin katkı, çimento ile %5, %10 ve %15 oranlarında ikame edilmiştir.

Tablo 2. 1 m³ beton için karışım oranları

| Seri Adı | Çimento (kg) | Metakaolin (kg) | Su (lt) | İnce Agregası (kg) | İri Agregası (kg) |
|----------|--------------|-----------------|---------|--------------------|-------------------|
| Şahit | 375 | - | 187,5 | 1112,40 | 725,75 |
| %5 MK | 356,25 | 18,75 | 187,5 | 1112,40 | 725,75 |
| %10 MK | 337,50 | 37,50 | 187,5 | 1112,40 | 725,75 |
| %15 MK | 318,75 | 56,25 | 187,5 | 1112,40 | 725,75 |

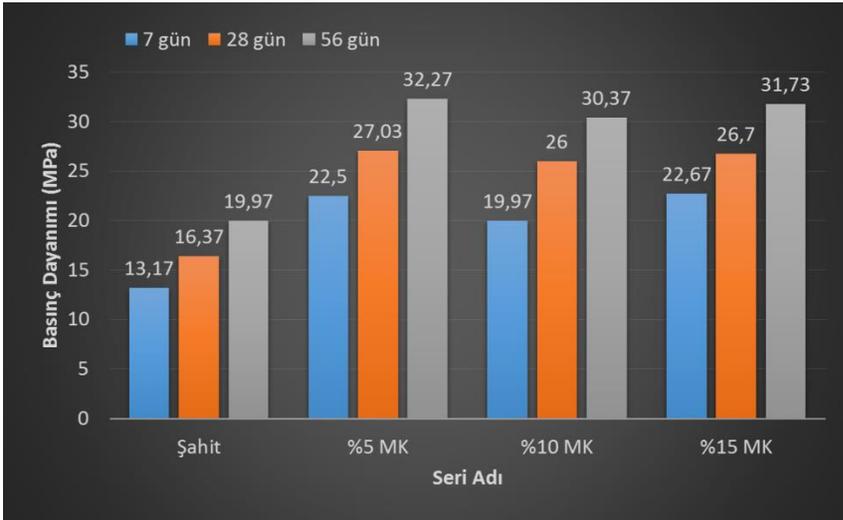
Sertleşmiş beton özelliklerini belirleyebilmek amacıyla, üretilen deney örnekleri 7 cm kenarlı kalıplara alınmış ve örnekler 5-15 sn arasında vibrasyon işlemi uygulanmıştır. Kalıptan çıkartılan deney örnekleri 7, 28 ve 56 gün boyunca laboratuvar şartlarında 23 °C sıcaklıklı kür havuzunda bekletildikten sonra mekanik deneye hazır hale getirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 17. Deney  rneklerinin yerleştirilmesi ve k r edilmesi

3. Bulgular

7, 28 ve 56 gün süresince k r edilen örneklerin basınc dayanımları 200 ton yük kapasiteli basınc presinde 0,5 MPa/s yükleme hızı ile gerçekleştirilmiştir. Basınc dayanım değerlerine ilişkin bulgular Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 18. Basınc dayanımı bulguları

Şekil 3’deki veriler incelendiğinde metakaolin ikamesi ile birlikte tüm beton örneklerin basınc dayanımı değerlerinde artış g r ld ğu tespit edilmiştir. En önemli artış oranlarının 56 günlük k r sürelerinde gerçekleştiği söylenebilir. Erken hidrasyon dönemine göre daha yüksek dayanım değerlerinin elde edilmesinin sonucunun,  imento

hidratasyon ürünlerinden olan serbest kirecin metakaolin ile birlikte reaksiyona girmesi sonucu oluşan ilave bağlayıcı jel yapıların dayanıma pozitif etki etmesi şeklinde açıklanabilir.

4. Sonuç ve Öneriler

Metakaolin katkılı betonların mekanik özelliklerinin deneysel olarak araştırıldığı çalışmanın sonucunda; %5, %10 ve %15 ikame değerindeki serilerin tümünün basınç dayanımı değerlerinin şahit numunelere göre daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

Özellikle 28 günlük serilerin şahit numunelere göre artış oranı %5 MK katkılı seride %65, %10 MK katkılı seride %58.82 ve %15 MK katkılı seride ise %63.10 olarak bulunmuştur.

Metakolin ikameli betonların mekanik özelliklerinin yanında durabilite özelliklerinin de araştırıldığı çalışmalar bilim dünyamız ve beton sektörümüz için katkı yaratacaktır. Ayrıca farklı kalsinasyon değerlerinde oluşturulacak metakaolinler ile yapılacak deneysel araştırmaların, metakaolinin endüstriyel anlamda kullanımının yaygınlaşması açısından faydalı olabileceği kanaatindeyiz.

KAYNAKÇA

Bölük, D. (2011). Metakaolenin beton özelliklerine etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.

Çimsa, (2018). Mineral Katkılar-Metakaolin. Çimento Araştırma ve Uygulama Merkezi, Anonim.

Hamalı, Y. (2007). Metakaolin ve Silis Dumanı içeren harç ve betonların özellikleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Tevrizci, M. M. (2010). Metakaolin katkılı harçların bazı durabilite özelliklerinin incelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

TS EN 197-1 (2002). Çimento - Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Vu, D.D. (2002). Strength Properties of Metakaolen Blended Paste, Mortar and Concrete. Delft University Press, Netherlands.

TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN MERMER KESİCİ TAKIMLARIN AŞINMA ÖZELLİKLERİ

Wear Properties of Marble Cutting Tools Produced by Powder
Metallurgy

Dr. Öğr. Üyesi Selahattin BUDAK**
Prof. Dr. Mehmet KAPLAN***

Öz: Mermer kesici takımlar doğal taş kesme işlemlerinde kullanılırlar ve matris kompozisyonu bu takımların aşınma performansı bakımından çok önemlidir. Matrisi meydana getiren metal tozları takım kalitesinin belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada Fe-Cu-Sn (demir-bakır-kalay) metal tozlarına ilave olarak Co (kobalt) elementi kullanılarak mermer kesici takım matrisleri üretilmiş ve bunların aşınma özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada farklı bileşimlerde dört çeşit mermer kesici takım matrisi, 850 ° C sıcaklıkta 35 MPa basınç altında dört dakika süre ile sinterlenerek üretilmiştir. Üretilen numuneler için sertlik ölçümü ve aşınma deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, en yüksek sertliğe % 20 kobalt ilaveli numunenin sahip olduğu anlaşılmıştır. Matrise kobalt ilavesiyle matris sertliğinin arttığı ve aşınma direncinin azaldığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aşınma, Toz Metalürjisi, Sinterleme

Abstract: Marble cutting tools are used in natural stone cutting operations and the matrix composition is very important for the wear performance of these tools. The metal powders that bring the matrix to the pitch have an important place in determining the quality of the tool. In this study, marble cutting tool matrices were produced by using Co (cobalt) element in addition to Fe-Cu-Sn (iron-copper-tin) metal powders and their wear characteristics were examined. In the study, four types of marble cutting tool matrices in different compositions were produced by sintering under a pressure of 35 MPa at 850 ° C for four minutes. Hardness measurements and wear tests were carried out for the samples produced. As a result of this study, it was understood that the sample with the highest hardness had 20% cobalt added. The addition of cobalt has resulted in increased matrix stiffness and reduced wear resistance.

Keywords: Wear, Powder Metallurgy, Sintering.

1. Giriş

Kesici takım üretenler iş parçası ve uygulama koşullarını göz önünde bulundurarak takım ve işleme arasında meydana gelen karışık etkileşimi iyi anlayarak mermer kesici takım tasarımı ve üretimi yapmaları kritik bir öneme sahiptir. Tüm doğal taş kesiminde kullanılan takımların % 62'lik kısmı Toz Metalürjisi (TM) yöntemleriyle üretilmektedir (Przyklen, 1993; Tillmann, 2000).

* Gümüşhane Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

** Fırat Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

Doğal taş ürünlerinin kesiminde en önemli faktörlerin başında kesici takımlarda kesme görevini yapan aşındırıcı soketlerin kesilecek doğal taşın uygunluğu yer alır. Çünkü soketlerin taşı aşındırarak kesmesi kadar, taşın da soketi aşındırması gerekir.

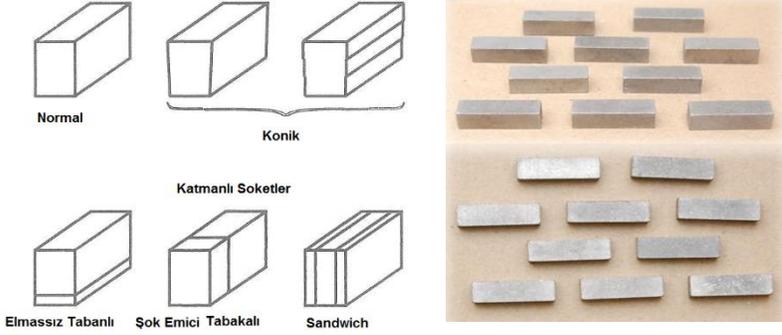
Ülkemizde doğal taş ve mermer üretim tesislerindeki kesim işlemlerinde dikkat edilmesi gereken en önemli konu, işlenen malzemeye göre uygun testerenin ve bu testereye uygun kesici soketlerin seçimidir. Doğal taş üreticilerinin uygun soket seçimi yapabilmeleri için işlenecek malzemeyi yeteri kadar iyi tanımaları gerekmektedir. İşlenen doğal taşların fiziki ve mekanik özelliklerinin, üretim esnasında kesici takımlarda meydana gelen aşınmalar üzerinde etkili olduğu çok önemli bir konudur. Bu yüzden kesilecek kayacın fiziki ve mekanik özelliklerinin kesme işlemi yapan soketlerdeki aşınma davranışlarına etkilerinin bilinmesi ve buna göre gerekli işlemlerin yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte, soketlerdeki aşınmalar üzerinde etkili olan diğer bir önemli konu da kesim parametrelerinin ayarlanmasıdır (Bayram, 2002).

Doğadan ham halde çıkarılan doğal taşların levhalara ve/veya plakalara ayrılması işlemi için çeşitli kesim sistemleriyle çalışan makineler kullanılmaktadır. Kesim işlemi, makinenin kesme donanımına göre dört şekilde yapılmaktadır. Bunlar:

- a) Düz testere (katrak lama),
- b) Dairesel testere,
- c) Çoklu elmaslı tel,
- d) Elmas kemerli bant sistemiyle kesim işlemidir (Primavori, 2002).

Doğal taş kesim işlem soketlerinin imalatında kullanılan en yaygın üretim tekniği, toz metalurjisi (TM) üretim yöntemidir. Toz metalurjisi ile genellikle elmas taneleri ve metal tozları birlikte karıştırılarak kesici takım üretimi için kullanılmaktadırlar. Soğuk presleme ve daha sonra sinterleme işlemi bir arada sunan sıcak presleme çok yaygın bir üretim tekniği olmasına rağmen, kesici takım soketleri basınçsız sinterleme, sıcak izostatik presleme veya bu ikisinin kombinasyonu, ekstrüzyon, lazer ergitme, sıcak presleme ve lazer kesimin kombinasyonu veya bu yöntemlere benzer başka birçok teknik de üretilebilmektedir (Çelik, 2009; Kaplan ve Budak, 2011).

Doğal taş kesim işlemlerinde elmaslı kesici takım veya soket olarak kullanılan kesici takım biçimleri Şekil 1’de verilmiştir. Bu tür kesici takım soketleri endüstride çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Soketin şekli ve kompozisyonu ne kadar farklı olursa üretim maliyetleri de bununla birlikte artar (Çelik, 2009).



Şekil 1. Çeşitli soket şekilleri ve elmaslı soketler (Çelik, 2009).

2. Deneysel Çalışmalar

Kobalt ilavesinin etkisini anlamak amacıyla dört çeşit soket matrisi, toz metalurjisi teknikleri kullanılarak sıcak presleme yöntemiyle üretilmiştir. Numunelerin üretiminde % 99,9 saflıkta ve tane iriliği 1,1 – 200 µm aralığında olan Fe, Cu, Co ve Sn metal tozları kullanılmıştır. İlk olarak Fe, Cu ve Sn tozlarından meydana gelen referans (N1) malzemesi üretilmiştir. Daha sonra bu malzeme bileşimine ek olarak belirli miktarlarda kobalt ilaveleri yapılarak N2, N3 ve N4 deney malzemeleri üretilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Matris alaşımının bileşimi

| Numune | Alaşım Elementleri, % Ağırlığı | | | |
|--------|-----------------------------------|----|----|----|
| | Fe | Cu | Co | Sn |
| N1 | B al. | 20 | - | 2 |
| N2 | B al. | 20 | 10 | 2 |
| N3 | B al. | 20 | 15 | 2 |
| N4 | B al. | 20 | 20 | 2 |

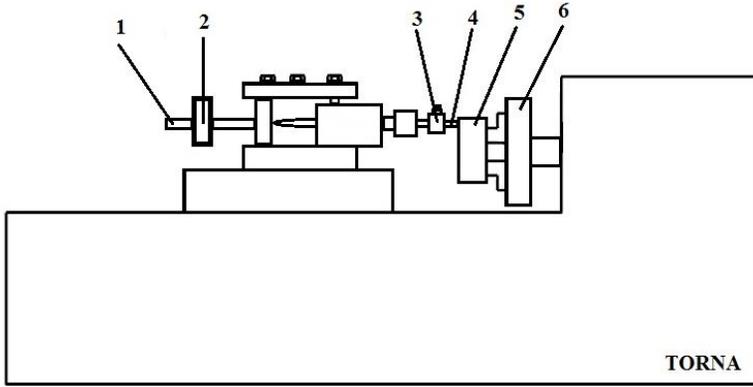
Ticari olarak kullanıma sunulan metal tozları 10^{-5} g hassasiyetindeki bir terazi ile daha önceden belirlenen mermer kesici takım soketi malzemesine uygun olarak tartılarak karıştırılmaya hazır hale getirilmiştir. Saf halde temin edilen metal tozlarının iyice karıştırılarak üretilecek mermer kesici takım soketi matrisinde homojen bir şekilde dağılmasını sağlamak amacıyla karıştırma işlemi için Furbula (∞ tipi); kapalı toz hazneli, iki kg toz kapasiteli, üç boyutlu olarak dönebilen bir karıştırıcı kullanılmıştır.

İlk işlem olarak alaşımı meydana getiren tozlar 15 dakika süre ile 20 rpm hızda karıştırılmıştır. İkinci işlem ise çapı 8 mm olan dışı krom kaplı çelik bilyelerle birlikte karışıma % 1 Polietilen Glikol (PEG) eklenerek 30 dakika süre ve 20 rpm hızda karıştırılmıştır. Bu bilyelerin kullanımındaki amaç karışıma katılan PEG'in toplanma oluşmasını engellemek ve tozların homojen bir şekilde dağılmasını sağlamaktır. Karıştırma işlemi bittikten sonra deney numunelerinin üretimi için her bir alaşım numunesinden 20 gr olacak şekilde, metal toz karışımı 10^{-5} g hassasiyetindeki bir terazide tartılarak sıcak presleme işlemine hazır hale getirilmiştir.

Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra, toz haldeki alaşım çelik bir gövde içerisine yerleştirilen grafit kalıplar kullanılarak hazırlanan boş kısımlara dökülmüştür. Daha sonra metal tozu dökülen kalıp odacıkları üst baskı kalıplarıyla kapatılmıştır. Grafit kalıplar baskı pimlerinden kuvvetlice sıkıştırılmıştır. Sıcaklığın doğru olarak okunması için kalıp merkezindeki grafit parçaya delik delinerek termokopulun ucunun tam olarak merkezlenmesi sağlanmıştır. Grafit kalıplar arasına dökülerek hazır hale getirilen metal toz alaşımını ihtiva eden çelik gövde ve grafit parçalardan oluşan kalıp koruyucu gaz atmosferi altında sıcak presleme işleminin gerçekleştirileceği bölüme yerleştirilmiştir. Bu işlemin ardından toz karışımının birim alanı üzerine yaklaşık 5 MPa basınçtan başlayıp sıcaklık 850 °C ye ulaştığında 35 MPa olacak şekilde basınç uygulanarak sabit sıcaklık ve basınçta dört dakika süre ile bekletilerek numunelerin sinterlenmesi sağlanmıştır. Daha sonra ısıtma ünitesi devre dışı bırakılarak numunelerin kalıp içerisinde 35 MPa basınçta oda sıcaklığına ulaşıncaya kadar soğuması beklenmiştir. Yeterli ısıya ulaşmış, kalıp oda sıcaklığına ulaştıktan sonra sinterlenmiş numuneler, kalıp bozularak çıkartılmıştır.

Toz metalürjisi yöntemiyle elde edilen numunelerin sertliklerini tespit etmek amacıyla sertlik ölçme cihazında 62,5 kg yük ve 2,5 mm çapında bilye ile numunelerin sertliği Brinell cinsinden ölçülmüştür. Sertlik değerinin tam olarak belirlenmesi için numunelerin çeşitli bölgelerinden toplam 5 sertlik ölçümü yapılmış ve ortalamaları alınarak her bir numunenin sertlik değeri belirlenmiştir.

Deneyisel çalışmalar için üretilen mermer kesici takım soketlerinin aşınma performanslarını anlamak amacıyla aşınma deneyleri yapılmıştır. Aşınma deneyleri için Şekil 2 'de verilen pin-on-disk aşındırma aparatı kullanılmıştır. Burada 1-Yük kolu, 2-Yük, 3-Numune tutucu, 4-Numune, 5-Aşındırıcı disk, 6-Torna aynasıdır.



Şekil 2. Aşınma deney düzeneğinin şematik görünümü

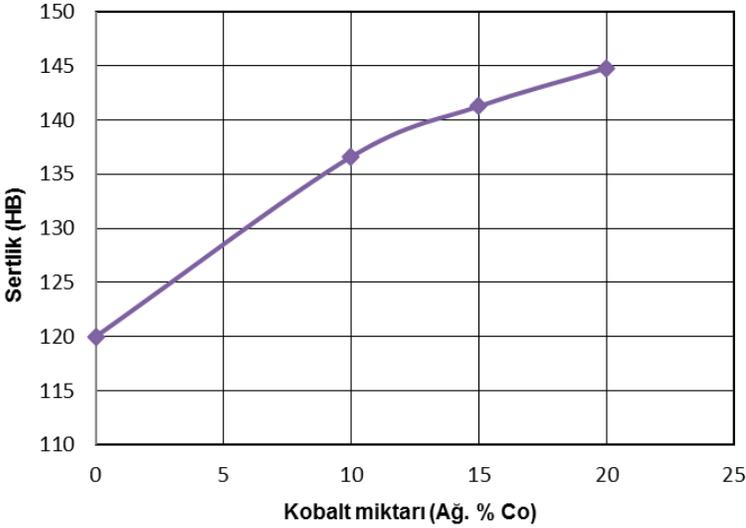
Aşındırma işleminde 90 mm çapında 220 mesh'lik aşındırıcı disk kullanılmıştır. Deneyler 10 N, 20 N ve 30 N olmak üzere üç ayrı yük altında ve 90 dev/dak hız ile dönen SiC aşındırıcı disk üzerine bu yüklerin deney numunelerine sırayla uygulanması ile yapılmıştır. Deneyler esnasında aşındırıcı diskin dönmesiyle alınan yollar 25 m, 50 m ve 75 m olarak belirlenmiş ve aşınma miktarı alınan yola bağlı olarak artmıştır.

Yapılan aşınma deneyleri sırasında yük sabit tutularak 25 m, 50 m ve 75 m yol koşullarında numunelerin ağırlık kaybı mg cinsinden hesaplanmıştır. Ağırlık kaybı hesaplanırken aşınma deneyi uygulanmadan önce numuneler hassas terazide tartılmıştır. Daha sonra numuneler sırasıyla aşınma aparatına bağlanarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Aşınma deneyi yapıldıktan sonra numuneler tekrar tartılmıştır. Böylece

numunelerin ilk ve aşınma deneyi sonrası ağırlıkları arasındaki fark numunelerin ağırlık kaybı olarak değerlendirilmiştir.

3. Sonuçlar

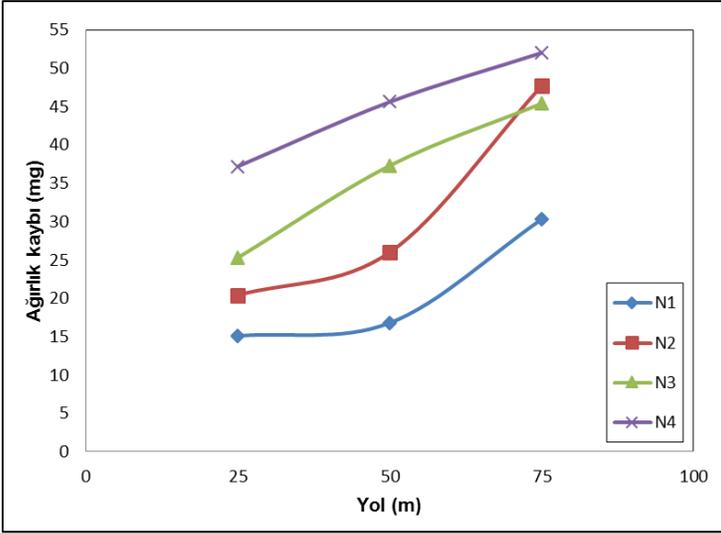
Toz metalurjisi teknikleri kullanılarak sıcak presleme yöntemiyle üretilen numunelerin sertlik ölçümleri yapılmıştır. N1, N2, N3 ve N4 numunelerinin sertliği Brinell (HB) cinsinden ölçülmüştür. Şekil 3'de deney numunelerine ait Co oranına bağlı sertlik ölçüm sonuçları grafiği görülmektedir.



Şekil 3. Co oranına bağlı sertlik ölçüm sonuçları

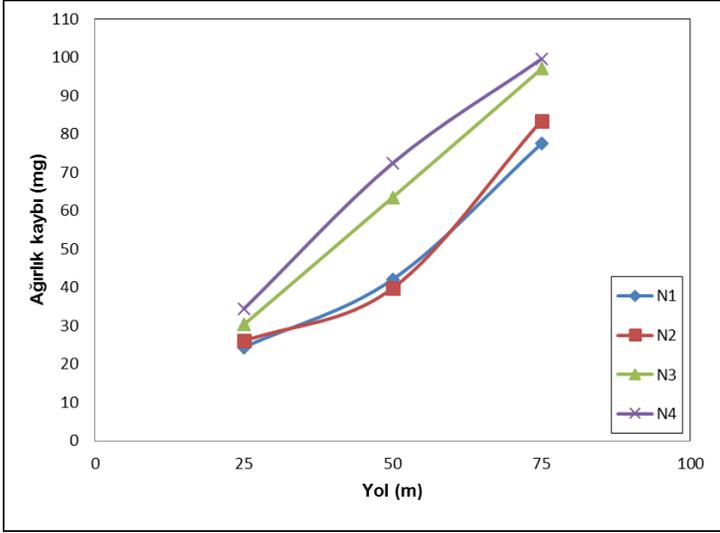
Sertlik ölçümlerinde demir tozuna partikül ilave edildiğinde malzemenin sertliğinde artış gözlenmiştir (Ünlü vd., 2006). Şekil 3 de görüldüğü gibi kobalt ilavesi ile numunelerde belirgin bir sertlik artışı gözlenmiştir. Bu da gösteriyor ki üretilecek mermer kesici takım soketinin kullanılacağı yere uygun olarak sert bir matrise sahip olması istenildiğinde Co ilavesiyle bu durumun elde edileceği anlaşılmaktadır. Aynı zamanda sert bir doğal taş kesiminde ise kesici takım soket matrisinin kolayca aşınması istenildiğinde Co oranında yapılacak değişikliklerle istenilen matris özelliği elde edilebilecektir.

Şekil 4 de tüm numunelerin 10 N yük altındaki aşınma deneyi sonuçları görülmektedir. Aşınma deneylerinde demir tozuna ilave edilen partikül miktarı arttıkça aşınma dayanımının azaldığı görülmüştür (Ünlü vd., 2006). Bunun sonucunda da aşınma dayanımı azaldığı için ağırlık kaybı da artmaktadır. Bununla birlikte grafikte de görüldüğü gibi yol arttıkça numunelerdeki aşınma miktarı artmış dolayısıyla ağırlık kaybındaki da artmıştır.



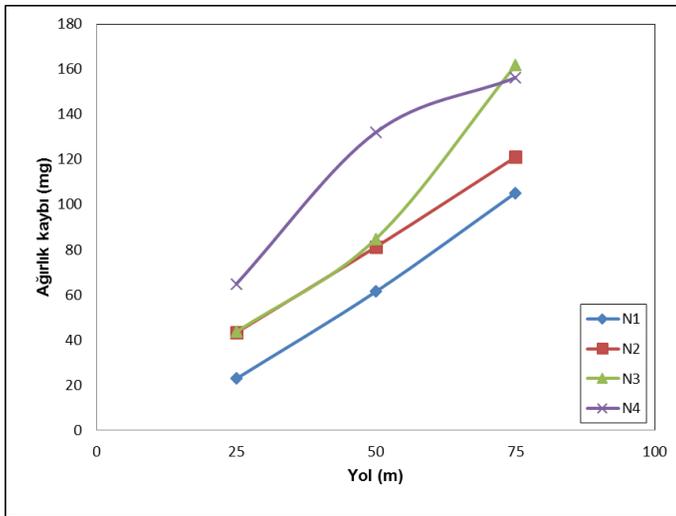
Şekil 4. Tüm numunelerin aşınma deneyi sonuçları (Yük = 10 N)

Şekil 5 de 20 N yük altında tüm numunelerin aşınma deneyi sonuç grafiği görülmektedir. Burada yol artışına paralel olarak neredeyse lineer bir ağırlık kaybı artışı meydana gelmiştir.



Şekil 5. Tüm numunelerin aşınma deneyi sonuçları (Yük = 20 N)

N1, N2, N3 ve N4 numunelerine 30 N yük altında yapılan aşınma deney grafikleri Şekil 6 da görüldüğü gibidir. N2 ve N4 numuneleri 25 m, 50 m ve 75 m yol alındığında birbirine çok benzer aşınma davranışı göstermiştir.



Şekil 6. Tüm numunelerin aşınma deneyi sonuçları (Yük = 30 N)

Sonuç olarak yapılan aşınma deneylerinde ortaya çıkan bu durumun sebebi partiküllerin hem boşluk etkisi oluşturmasından hem de partiküller ile demir tozlarının tam olarak bağlanamamış olmasından kaynaklanabilmektedir (Ünlü vd., 2006). Demir esaslı kompozitlerin fazla aşınmasının başka bir nedeni de aşınma deneyinin kuru ortamda yapılıyor olmasına bağlanabilmektedir (Yılmaz vd., 2005).

KAYNAKÇA

Bayram, F. (2002). Elmas lamalı katraklarda kesme verimliliğinin incelenmesi. Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Çelik, E. (2009). Elmaslı kesici takımlarda alternatif bağlayıcılar. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.

Kaplan, M., & Budak, S. (2011, May). Bir mermer kesici takımında Co katkısının mikroyapı ve mekanik özelliklere etkisi. In 6th International Advanced Technologies Symposium (pp. 16-18).

Primavori, P. (2002). Technological developments and the state-of-the art in machinery and installations for extracting and processing stone materials. Marmomacchine Directory, Associazione Italiana Marmomacchine, 40-197.

Przyklenk, K. (1993). Diamond impregnated tools-uses and production. *Industrial Diamond Review*, 53(557), 192-5.

Tillmann, W. (2000). Trends and market perspectives for diamond tools in the construction industry. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 18(6), 301-306.

Ünlü, B.S., Atik, E., Çöllü, C. (2006). Partikül takviyeli demir esaslı Fe-Cu-C malzemenin aşınma ve mekanik özellikleri, C.B.Ü. Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi, Cilt:2, Sayı:6, s.1-9.

Yılmaz, S.S., Ünlü, B.S., Varol, R. (2005). Borlanmış demir esaslı FeCu-Grafit malzemenin aşınma ve mekanik özellikleri, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 11-21.

KOLEMANİT İLAVESİNİN ALÜMİNYUM SİLİSYUM ALAŞIMI KAYMALI YATAK MALZEMESİNİN TERMAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Effect of Colemanite Additives on Thermal Properties of Aluminum
Silicon Alloy Sliding Bearing Material

Dr. Öğr. Üyesi Selahattin BUDAK¹ & Prof. Dr. Mehmet KAPLAN²

Öz: Kaymalı yataklar hareket iletim elemanları olarak kullanılmaktadırlar. Kaymalı yatak malzemesi olarak genellikle metal ve metal alaşımları kullanılmaktadır. Alüminyum ve alüminyum alaşımları dökülebilmeye uygun ve iyi mekanik özelliklere sahiptirler. Bu çalışmada alüminyum silisyum alaşımı bir yatak malzemesi kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada ilk önce referans malzeme üretilmiştir. Daha sonra ise referans malzemesine ppm düzeyinde kolemanit ilave edilerek deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere kaymalı yatak malzemeleri üretilmiştir. Bu deney malzemeleri gerekli işlemler yapıldıktan sonra kullanıma hazır hale getirilmiştir. Kolemanit ilavelerinin deney numunelerinin termal özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla DTA, DTG ve TG/TGA analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler ve analizler sonucunda kolemanit etkisiyle termal özelliklerde olumlu yönde değişimler gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaymalı Yatak, Kolemanit, Termal Özellikler, DTA

Abstract:Journal bearings are used as movement conduction elements. As journal bearing material usually metal and metal alloys are used. Aluminum and aluminum alloys have been suitable pourable and good mechanical properties. Aluminum silicon alloy used in this study is a bearing material. In this study it is produced primarily reference material. After adding colemanite to ppm level reference materials to be used in experimental studies bearing materials it is produced. These test materials are ready for use after the necessary procedures. In order to determine the effects of the thermal properties of the specimen with colemanite addition, DTA, DTG and TG / TGA analyzes were performed. As a result of the experiments and analyzes made, changes in the thermal properties were observed positively due to the effect of colemanite.

Keywords: Journal bearing, colemanite, thermal properties, DTA.

1. Giriş

Motorlarda silindir içerisinde meydana gelen değişimi, hareket mekanizmaları ile yardımcı makinelere aktaran, pistonların hareketlerini devire dönüştürülmesini sağlayan krank mili ve kam mili gibi hareketli elemanları taşıyan hareketsiz kısımlara yatak denilmektedir. Motorun çalışma sırasında yatağın herhangi bir yeri hareket almıyor ve mil, yatak

¹ Gümüşhane Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

² Fırat Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

içerisinde sürtünerek dönme hareketi yapıyorsa, bu tür yataklara da kaymalı yatak denir. Yatak üretiminde kullanım yerlerine göre yatak malzemesinin belirlenmesi gerekmektedir. Genel olarak kaymalı yataklar, aşınmaya ve korozyona dayanıklı, ısı iletkenlik katsayısı ve yağ tutuculuk özelliği iyi, sert parçacıkları bünyesine kabul edecek kadar yumuşak olmalıdır, bunlara ilaveten üretimi ve işlenmesi kolay olmalıdır.

Kaymalı yatak üretiminde alüminyum ve çinko esaslı malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Kaymalı yatakların üretiminde kullanım yerlerine göre beklenen özellikleri sağlayan malzemelerin seçilmesi önemlidir.

Alüminyum ve alaşımları dökülebilmeye uygun, düşük yoğunluklu, düşük ergime sıcaklığına sahiptirler. Mekanik özellikleri oldukça iyidir ve silisyum karbür ve alümina gibi seramiklerle çok iyi uyum sağlarlar. Bu yüzden metal matrisli kompozit (MMK) üretimi için oldukça popüler bir malzemedir. Birçok metal gibi alüminyumda saf halde döküm kabiliyetinin kötü oluşu ve mekanik özelliklerinin çok iyi olmaması gibi nedenlerden dolayı genellikle bunların yerine alaşımlı alüminyumlar kaymalı yatak matris malzemesi olarak tercih edilmektedir (Güler, 2012).

Alüminyum alaşımları, çoğu zaman içerisine katılan silisyum vb. parçacıkların malzemenin sertliğini artırmasından dolayı, metal matrisli kompozitler olarak sınıflandırılmaktadırlar (Alshmiri vd., 2014). Alüminyum esaslı metal matrisli kompozitler (Al MMK), SiC, TiC, Si₃N₄, ve MgO gibi çeşitli partiküllerle güçlendirilmektedirler. Bundan başka Al₂O₃, B₄N ve bor ürünleri de takviye elemanları olarak kullanılmaktadır (Das vd., 2007; Toptan, 2011; Güler, 2012).

Bor elementi esas itibarıyla metal üretimi endüstrisinde metalurjik reaksiyonlarda bir oksijen ve gaz giderici olarak kullanılır. Zira yüksek sıcaklıklarda oksijen ve azot ile kuvvetli reaksiyon verir. Örneğin, bakır metalurjisinde döküm sırasında erimiş bakır içine bor karıştırılarak erimiş kütledeki oksijen giderilir. Diğer önemli uygulanma alanları olarak; bazı özel alaşımların yapımında, yarı iletken üretiminde, katalizör olarak, aşındırıcılarda, metal ve seramiklerde mekanik özelliklerin iyileştirilmesinde, nükleer reaktörlerin inşasında yüksek yoğunluklu betona bir katkı maddesi olarak, uranyum-grafit pillerinde bir kontrol aracı olarak nötronları soğurmak (tutmak) gibi (bor çeliği veya B₄C şeklinde) sayılabilir (Güzel, 2006).

Türkiye'deki tüm bor yataklarının neredeyse tamamından çıkartılabilen kolemanit, metal sanayiinde kullanıma elverişli bir mineraldir (Helvacı, 2016). Birçok metal üretimi alanında yararlanılmaya başlanılan bor ve bor ürünleri, ülke ekonomisini dışarıya bağımlı olmaktan bir miktar kurtaracaktır. Bir bor ürünü olan kolemanit üretimi yerli kaynaklarla gerçekleştirildiği için katkı elemanı olarak kullanımı ekonomik ve temini oldukça kolay olacaktır.

2. Deneysel Çalışmalar

Deneysel çalışmalarda kullanmak amacıyla biri referans numunesi olmak üzere toplam dört çeşit deney malzemesi kum kalıba döküm yöntemi ile üretilmiştir. Çok farklı şekillere uygulanışı ve kalıplama maliyetinin az oluşu kum kalıba döküm yönteminin tercih edilmesine neden olmuştur.

Ergitme işlemi indüksiyon ocağı kullanılarak yapılmıştır. On kg olarak hazırlanan alaşım döküm sıcaklığına (750 °C) kadar ısıtılmış ve içerisinde toz halinde kolemanit bulunan başka bir potaya eriyik haldeki malzeme dökülerek karıştırma işlemi yapılmıştır. Kolemanit katkılı eriyik alaşım önceden hazırlanan kum kalıba dökülerek katılaştırılmıştır.

Çalışmada öncelikle referans malzemesi (SR) daha sonra da referans malzemesine değişik oranlarda (0-5-10-15 ppm) kolemanit ($2\text{CaO}.3\text{B}_2\text{O}_3.5\text{H}_2\text{O}$) ilave edilerek dört çeşit (SR-S5-S10-S15) deney malzemesi aynı yöntemle üretilmiştir.

Deneysel çalışmalarda kullanılan kolemanit 45 µm tane büyüklüğüne sahiptir ve Eti Maden Bor İşletmelerinden temin edilmiştir.

Bir maddenin veya bu maddenin türevlerinin belli bir sıcaklık programı altında özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin incelenmesi, tepkimede adsorplanan (endotermik) veya açığa çıkan (ekzotermik) ısının ölçülmesi için kullanılan metotların hepsine termal analiz metotları (TA) denir. Bu çalışmada termal analiz incelemeleri, kolemanit katkılı Al-Si alaşımı deney numunelerinin oksitlenme ve faz dönüşüm sıcaklık değişimlerini tespit etmek amacıyla, DTA, DTG ve TG/TGA analizleri şeklinde gerçekleştirilmiştir.

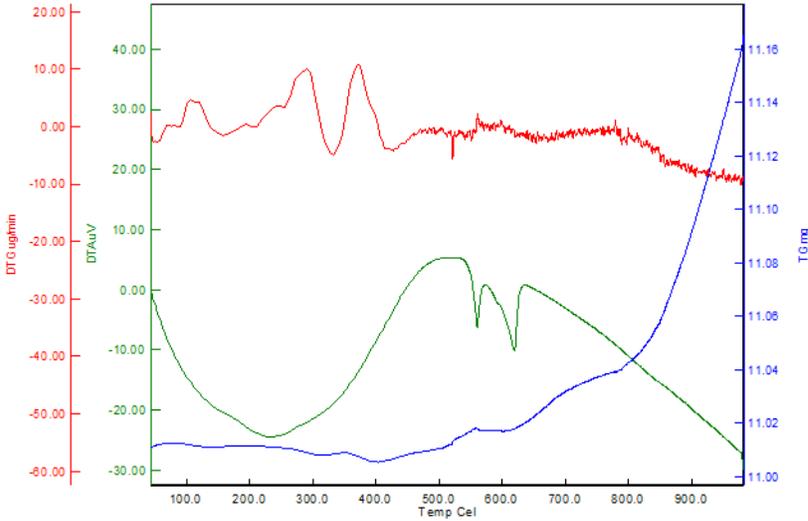
Termal analiz incelemeleri (DTG, DTA ve TG/TGA) Hitachi marka STA 7300 model Termo-Gravimetrik-Diferansiyel Termal Analizör cihazı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Termal analiz cihazı

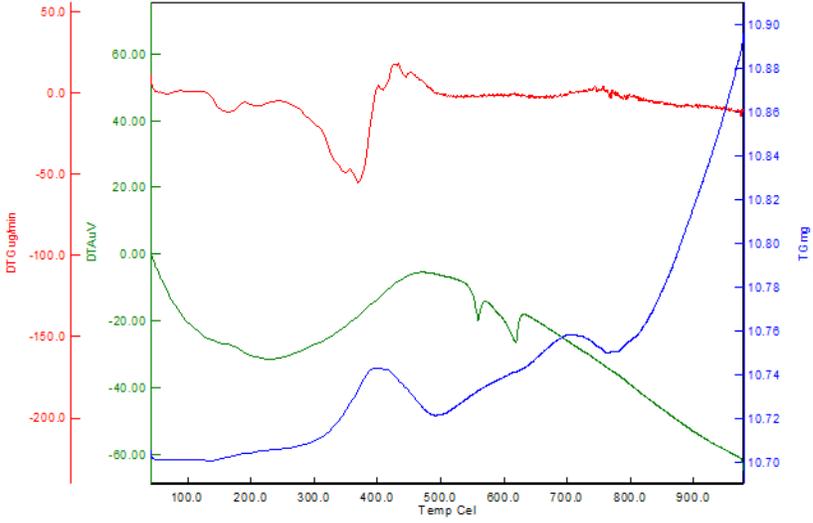
3. Sonuçlar

SR, S5, S10 ve S15 numunelerinin termal analiz inceleme sonuçları Şekil 2 – Şekil 5de verilmiştir. Burada DTG, DTA ve TG/TGA eğrilerinin sıcaklığa bağlı termogram sonuçları görülmektedir.

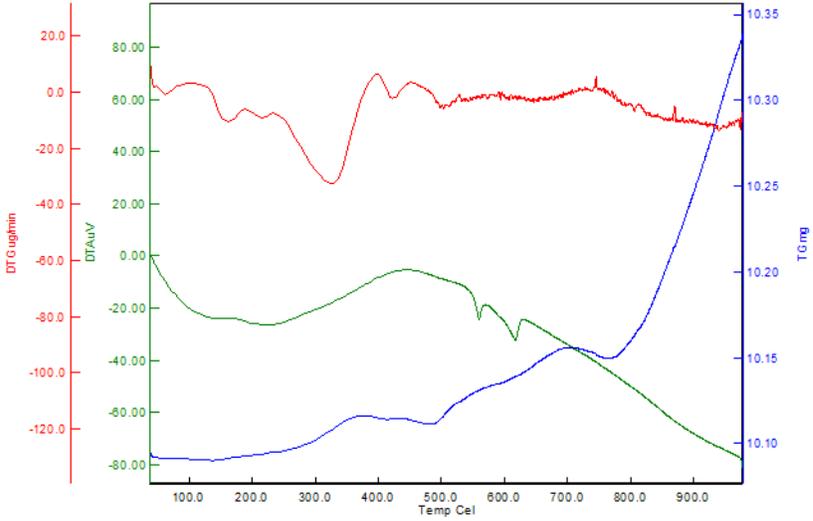


Şekil 2. SR numunesinin TG/DTA/DTG analizleri

S5 numunesine ait TA sonuçları Şekil 3de görülmektedir. DTG, DTA ve TG/TGA analizlerinin sıcaklığa bağlı termogramları verilmiştir. Özellikle bu numunenin DTG grafiğinde 500 - 1000 °C arası işlemlerinde dikkate değer bir termal kararlılık görülmektedir.

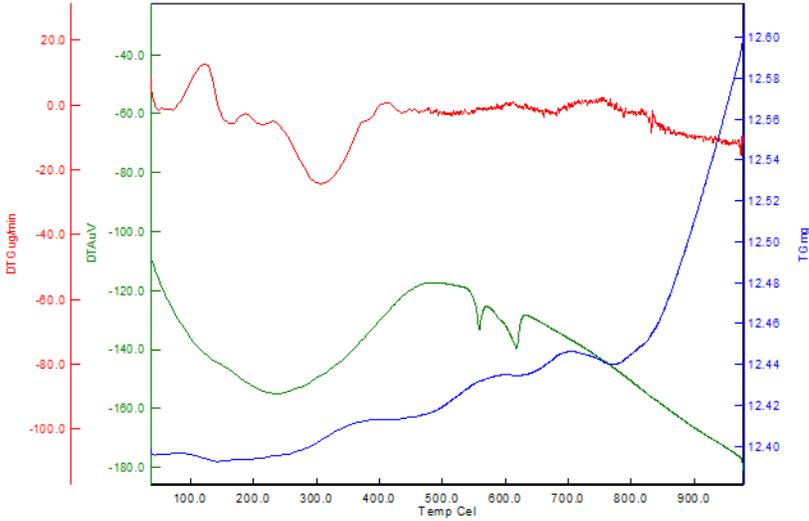


Şekil 3. S5 numunesinin TG/DTA/DTG analizleri



Şekil 4. S10 numunesinin TG/DTA/DTG analizleri

Şekil 4 de S10 numunesine ait TA sonuçları görülmektedir. DTG, DTA ve TG/TGA analizlerinin sıcaklığa bağlı termogramları verilmiştir. S15 numunesine ait TA sonuçları Şekil 5 de verilmiştir.



Şekil 5. S15 numunesinin TG/DTA/DTG analizleri

Genel bir ifadeyle referans numuneye göre, 5-10-15 ppm kolemanit minareli katkı S5, S10 ve S15 numunelerinin 500 – 1000 °C arası termal kararlılık göstermiş oldukları, bu numunelere ait termogramlar incelendiğinde net bir şekilde görülmektedir.

Özellikle referans numune de dahil tüm numunelerde 0 – 850 °C arası düşük, 850 °C ‘den sonra daha hızlı bir oksitlenme izlenmiştir. Sonuç olarak referans numuneye göre S5, S10 ve S15 numunelerini karşılaştırsak artan sıcaklıkla oluşan oksitlenme açısından, oksitlenme şiddeti ve sıcaklığında artışlar gözlenmiştir.

Kolemanit katkısının faz dönüşümüne ve faz dönüşüm sıcaklığına etkisini incelemek amacıyla aynı test cihazında DTA incelemeleri de yapılmıştır. Yapılan DTA incelemeleri sonucunda kolemanit etkisiyle ilave bir faz dönüşümü olmadığı gibi Al-Si katı-sıvı faz dönüşüm sıcaklığında da net bir değişiklik söz konusu değildir. Başka bir ifadeyle artan kolemanit etkisiyle deney numunelerinin faz dönüşüm sıcaklıklarında dikkate değer bir değişiklik olmadığı DTA analizi sonuçlarından anlaşılmaktadır.

TG/TGA analiz sonuçları incelendiğinde kolemanit katkısına bağlı olarak referans numuneye göre; S5, S10 ve S15 numunelerinde daha fazla oksitlenme meydana gelmiştir.

Genel sonuç olarak, 5-10-15 ppm kolemanit katkıları AlSi yatak alaşımına 550 – 1000 °C arası bir termal kararlılık kazandırmıştır.

KAYNAKÇA

Alshmiri, F., Atkinson, H. V., Hainsworth, S. V., Haidon, C. and Lawes, S. D. A. (2014). Dry sliding wear of aluminium-high silicon hypereutectic alloys, *Wear*, 313(1), 106-116.

Das, S., Das, S., and Das, K. (2007). Abrasive wear of zircon sand and alumina reinforced Al-4.5 wt% Cu alloy matrix composites–A comparative study. *Composites Science and Technology*, 67(3), 746-751.

Güler, C. (2012). Alüminyum matrisli SiC takviyeli kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü, Edirne.

Güzel, G. (2006). Lityum ve borca zengin bazı kimyasal bileşiklerin sentezi ve yapısal özelliklerinin Xrd ile incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Helvacı, C. (2016). Türkiye borat yatakları jeolojik konumu, ekonomik önemi ve bor politikası. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(1), 4-41.

Toptan, F. (2011). Alüminyum matrisli B4C partikül takviyeli aşınma direnci yüksek kompozit malzeme üretimi (Doctoral dissertation, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).

DOLGU ALTINDA GEOSENTETİKLERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ TAŞ KOLONLAR İLE İYİLEŞTİRİLEN YUMUŞAK KİL ZEMİNLERİN SAYISAL ANALİZİ

*Numerical Analysis of Soft Clays Improved with Geosynthetic
Encased Stone Columns under Fill*

C.C. Çadır¹, H. Yalçın², Z. Kaya³, E. Uncuoğlu⁴ ve A. Erol⁵

Öz: Yumuşak kil zeminler en problemlı zeminlerden biridir. Genel olarak yumuşak kil zeminler aşırı ve farklı oturma yapar. Bu durum temel sistemine dolayısıyla yapıya büyük zararlar verebilir. Buna benzer durumlar dikkate alındığında yumuşak kil zeminlerin iyileştirilmesi gerekmektedir. Son dönemde yumuşak killerin iyileştirilmesinde birçok uygulama ve araştırma yapılmaktadır. Buna bağlı olarakda yumuşak killerin iyileştirilmesinde birçok yeni yöntem kullanım alanı bulmuştur. Uygulanan bu yöntemlerden biri taş kolon tekniğidir. Diğer yöntemlere göre daha ekonomik ve pratiktir. Taş kolon tekniği, zeminde düşey bir kolonun oluşturulması ve bu düşey kolon içine belirli çaptaki çakıl yerleştirilmesi ve zemin içinde bir sıkışma meydana gelmesi ile oluşmaktadır. Taş kolonlar özellikle yapıdan gelecek yükleri yeterli güvenlikle taşıyamayacak zeminlerde taşıma gücünü artırmada, zeminlerde oturma süresini azaltmada (konsolidasyonu hızlandırmak), mukavemetini kaybeden zeminlerin iyileştirilmesinde, şev stabilitesinin artırılması ve sıvılaşma potansiyelini azaltmak gibi birçok amaç için kullanılabilir.

Bu çalışmada dolgu altındaki yumuşak kil (Kayseri-Yozgat otoyol hattının Divanlı köyü mevkiinden alınmış) farklı çaplarda (D: 80cm, 100cm), farklı aralıklarda (s/D: 2, 3), farklı içsel sürtünme açılarında (ϕ_s : 35°, 40°) ve farklı eksenel rijitliğe sahip (EA) geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlarla iyileştirilmiştir. Analizler Plaxis 2D programı yardımıyla yapılmıştır. Analizlerde kullanılacak kil zemin ile ilgili değerler laboratuvarında deneysel olarak belirlenerek programa girdisi yapılmıştır. Çalışmada dolgu altındaki kil zeminin geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlar ile yapılan iyileştirilmesi sonucunda yukarıda ki parametrelere bağlı olarak taşıma gücündeki değişim belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde taş kolon çapı, içsel sürtünme açısı ve geosentetik malzemenin eksenel rijitliği arttıkça taşıma gücünün arttığı ancak taş kolon aralığı arttıkça taşıma gücünün azaldığı görülmüştür.

¹ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Yozgat/TÜRKİYE
E-mails: cenk.cadir@bozok.edu.tr

² Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh. Böl., Kayseri/TÜRKİYE
E-mails: hakan.yalcin@agu.edu.tr

³ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Kayseri /TÜRKİYE
E-mails: zkaya@erciyes.edu.tr

⁴ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Kayseri /TÜRKİYE erdal@erciyes.edu.tr,

⁵ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Kayseri /TÜRKİYE aykuterol@erciyes.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Yumuşak zeminler, Zemin İyileştirmesi, Geosentetikler, Taş kolonlar, Taşıma gücü.

Abstract:Soft clay soils are one of the most problematic soils. In general, soft clay soils have excessive and different settlement. This situation can major damage to the structure and hence to the foundation system. When similar situations are taken into consideration, soft clay soils need to be improved. In recent years, many applications and researches have been made in the improvement of soft clays. Depending on this, many new methods for improving soft clays have found their use area. One of these methods is the stone column technique. It is more economical and practical than other methods. The stone column technique is formed by a vertical column on the soil, and a certain diameter gravel in the vertical column and a squeeze in the soil. Stone columns can be used for many purposes such as increasing the bearing capacity on the soils which can't carry the loads coming from the building with sufficient security, reducing the settlement time on the soils (accelerating the consolidation), in the improvement of soils which loses strength, improving the slope stability, increasing the slope stability and reducing the liquefaction potential.

In this study, soft clay under filling (taken from the Divanlı village of Kayseri-Yozgat motorway line) has different internal friction ratios (ϕ :35°, 40°), at different diameters (D:80cm, 100cm), at different intervals (s/D: 2, 3) and reinforced with geosynthetic encased stone column that have different axial rigidity (EA). Analysis was performed with Plaxis 2D program. The values related to the clay soil to be used in the analyzes were experimentally determined in the laboratory and entered into the program. In the study, the change in bearing capacity was determined according to the above parameters as a result of the improvement made with geosynthetic encased stone columns. When the results are examined, it is seen that as the stone column diameter and internal friction angle and the axial rigidity of the geosynthetic material increases, the bearing capacity increases but as the stone column intervals increases, the bearing power capacity.

Keywords:Soft soils, Soil improvement, Geosynthetics, Stone Columns, Bearing capacity.

1. Giriş

Zemin mekaniğinin en önemli konularından birisi yumuşak zemin problemleridir. Yumuşak zeminler arasında bulunan yumuşak killer ani ve aşırı oturma yapması taşıma gücünün yetersiz olmasıyla ön plana çıkmaktadır. Son dönemde yumuşak killer üzerine inşa edilen yapı sayısı (bina, yol, köprü) gün geçtikçe artmaktadır. İnşa edilen yumuşak kil zemin için gerekli önlemler alınmadığı takdirde birçok hasar meydana gelebilir. Oluşabilecek hasara bağlı olarak maddi kayıpların yanında can kayıpları da yaşanabilir. Belirtilen bu durumlar dikkate alındığında yumuşak bir zeminin iyileştirilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Son dönemdeki bilimsel ve teknolojik gelişmeler tüm alanlarda olduğu gibi Geoteknik mühendisliğinde de etkisini göstermiştir. Yaşanan bu gelişmelere bağlı olarak yumuşak zemin gibi problemlili zeminlerin iyileştirilmesinde birçok yeni yöntem kullanılmış ve kullanılmaya da devam etmektedir. Son dönemde yumuşak zeminlerin (yumuşak kil, silt vb.) iyileştirilmesinde yaygın şekilde kullanılan bu yöntemlerden bir tanesi de taş kolon tekniğidir. Geleneksel taş kolonlar genel olarak yumuşak killerde, siltlerde ve siltli kumlarda güçlendirme amacıyla kullanımının iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Taş kolonların tarihi gelişim ve aşamalarına bakarsak, ilk olarak 1830'larda Fransa'da doğal zeminlerin iyileştirilmesi için uygulandığı görülmektedir. Bu yöntem Avrupa'da ancak 1950'den sonra, Amerika'da ise 1972'den sonra yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Taş kolonlar özellikle yapıdan gelecek yükleri yeterli güvenlikle taşıyamayacak zeminlerde taşıma gücünü artırmada, oturma süresini uzun süreli olacağı zeminlerde oturma süresini azaltmada (konsolidasyonu hızlandırmak), sıvılaştırma veya mukavemetini kaybeden zeminlerin sağlamlaştırılmasında, şev stabilitesinin artırılması ve sıvılaştırma potansiyelini azaltmak gibi birçok amaç için kullanılabilir (Vekli 2009).

Taş kolonu çevreleyen zemin çok yumuşak bir yapıya sahip ise taş kolona uygulanan yanıl destek azalacaktır. Buna bağlı olarak yük etkisindeki taş kolonlarda yanıl sınırlama az olduğu için yanıl yönde şişme/genişlemeye bağlı olarak bütünlüğünü koruyamayacak ve taş kolon ile yapılan iyileştirmeden gerekli verim elde edilemeyecektir (Sorouş A. ve ark. 2012, Miranda M. and Almudena D. C. 2016, Debnath P. ve Kanti Dey A. 2017).

Yukarıda belirtilen durumdan yola çıkarak çok yumuşak zeminlerde geleneksel taş kolonlardan yapılan iyileştirmeden etkili şekilde yararlanabilmek için birçok araştırmacı taş kolonun güçlendirilmesi gerektiği sonucunu çıkarmıştır. Birçok araştırmacı geleneksel taş kolonun performansını arttırmak için her bir taş kolonun geosentetikler ile kaplanması fikrini ortaya atmıştır (Malarvizhi ve Ilamparuthi 2007). Yapılan araştırma ve incelemeler neticesinde son dönemde her bir taş kolonun etrafının sarılarak güçlendirilmesi yoğunluk kazanmış ve bununla ilgili yumuşak kil zeminlerin yoğunlukta olduğu deneysel ve sayısal birçok çalışma yapılmıştır (Murugesan ve Rajagopal 2006, Lee ve ark. 2008, Gnieland Bouazza, Pulko ve ark. 2011, Ghazavi ve Afshar 2013, Sarıcı 2014, Miranda ve ark. 2017 vb.)

Bu çalışmada dolgu altındaki yumuşak kil (Kayseri-Yozgat otoyol hattının Divanlı köyü mevkiinden alınmış) farklı çaplarda (D: 80cm, 100cm), farklı aralıklarda (s/D: 2, 3), farklı içsel sürtünme açılarında (ϕ_s : 35, 40) ve farklı eksenel rijitliğe sahip (EA) geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlarla iyileştirilmiştir. Analizler Plaxis 2D programı yardımıyla yapılmıştır. Analizlerde kullanılacak kil zemin ile ilgili değerler laboratuvarında deneysel olarak belirlenerek programa girdisi yapılmıştır.

2. Yöntem

Yukarıda belirtildiği gibi çalışmada yapılan analizler Plaxis 2D sonlu elemanlar programı yardımıyla yapılmıştır. Plaxis 2D sonlu elemanlar paket programı olup son dönemde zemin mekaniği problemlerin çözümünde hem piyasada hemde akademik olarak kullanılmaktadır. Çalışmada model zemin Kayseri-Yozgat otoyol hattının Divanlı köyü mevkiinden alınmış olup analiz için gerekli değerler (kohezyon, permeabilite katsayısı, elastisitemodülü, birim hacim ağırlık vb.) laboratuvar ortamında belirlenmiştir. Taş kolon için çakıl malzemesi için gerekli değerler bildiri yazarlarından olan C. C. Çadır (2016)'ın Yüksek lisans tez çalışmasından alınmış olup dolgu malzemesi için gerekli parametreler ise literatürde yapılan çalışmalardan alınmış olup Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Model Parametreleri

| Malzeme | Kil | Dolgu | Çakıl |
|--|--------------------|-----------|--------------------|
| Drenaj Durumu | Undrained | Undrained | Drained |
| Kuru Birim Hacim Ağırlık, γ_k (kN/m ³) | 18 | 20 | 19 |
| Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık, γ_d (kN/m ³) | 21 | 21 | 22 |
| Permeabilite, k_x, k_y (m/gün) | 1×10^{-8} | 1 | 100 |
| Elastisite Modülü, E (kN/m ²) | 3000 | 150000 | 75000 |
| Poisson Oranı, ν | 0.33 | 0.3 | 0.3 |
| Efektif Kohezyon, c (KN/m ²) | 9 | 5 | 1×10^{-9} |
| Efektif İçsel Sürtünme Açısı, ϕ (°) | 10° | 38 | 35°, 40° |
| Sükunetteki Toprak Basıncı Katsayısı, K_0 | 0.93 | 0.384 | 0.344 |
| Taş kolonun Çapı, D (mm) | - | - | 80/100 cm |

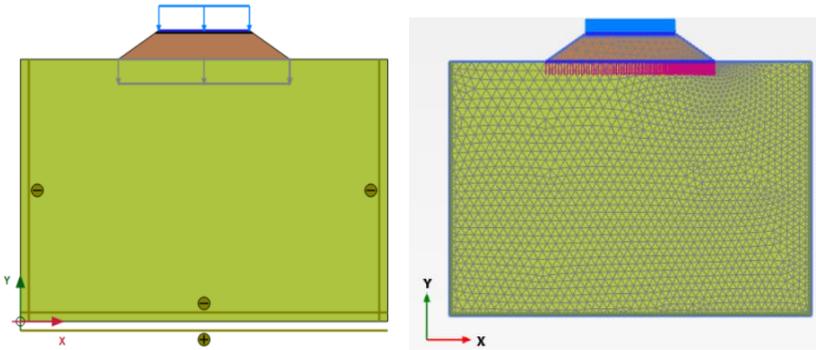
Modelde kullanılan malzemelerin özellikleri Tablo1.'de görülmektedir. Plaxis 2D sonlu elemanlar programında zemin davranışının modellenmesinde Mohr-Coulomb malzeme modeli kullanılmıştır. Mohr-Coulomb malzeme modelinde, geoteknik mühendisliğinde sıklıkla kullanılan ve zemin numunesi üzerinde gerçekleştirilen basit laboratuvar deneyleriyle elde edilebilen toplam 5 adet parametreye ihtiyaç duyulması nedeniyle bu malzeme modeli tercih edilmiştir.

Ayrıca geosentetik malzeme olarak farklı iki eksenel rijitlik (EA: 1000, 1500 kN/m) seçilmiştir. Dolgu üzerindeki temel plakası olarak programın içeriğinde kayıtlı olan bir plaka seçilmiş olup özellikleri aşağıda verilmiştir.

Temel Plakası Eksenel rijitliği (EA): $7,6 * 10^6$ kN /m
 Temel Plakası Eksenel rijitliği (EI): $2,4 * 10^4$ kN/m
 Temel Plakası Derinliği (W): 5 m
 Temel Plakası Poisson oranı (ν) : 0

3. Yapılan çalışmalar ve Bulgular

Plaxis 2D sonlu elemanlar programında modeller taş kolonsuz olarak ve geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlu olarak modellenmiştir. Model yumuşak kil zeminin geometrisi 17.5 m derinliğinde 27.5 m genişliğinde tek tabakalı olarak oluşturulmuştur. Daha sonra yumuşak kil zemin üzerine 1.5 m yüksekliğinde ve 16 m genişliğinde dolgu sevi seçilerek üzerine dolgunun üzerine 50 kN/m'lik bir yayılı yük eklenerek modelinin geometrisi tamamlanmıştır (Şekil 1.) Geometrisi belirlenen bu zemin kütesine malzeme özellikleri ve sonlu eleman çözümü için ağ (medium mesh) atanarak ilk aşama tamamlanmıştır (Şekil 1.)



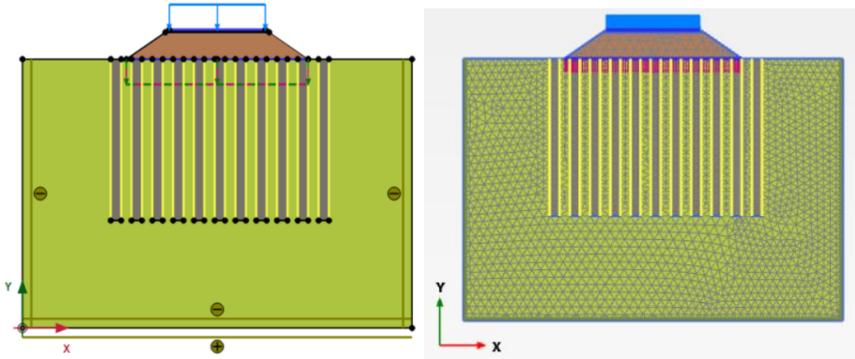
Şekil 1. Taş kolonsuz zemin geometrisinin oluşturulması, model zemin parametrelerinin girilmesi ve ağın (mesh) oluşturulması.

İkinci aşamada taş kolonsuz olarak modellenen zemin kütlesi analiz edilerek sınır taşıma gücü değerleri belirlenmiştir.

Çalışmanın diğer aşamasında taş kolonsuz olarak modellenen zemin kütlesine farklı çaplarda (D : 80cm, 100cm), farklı aralıklarda (s/D : 2, 3), farklı içsel sürtünme açılarında (ϕ_s : 35, 40) ve farklı eksenel rijitliğe sahip (EA) geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlar eklenerek modellenmiştir. İlk aşamada olduğu gibi model parametreleri girişi ve ağ oluşturulmasıyla model analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 2.).

Çalışmanın bu kısmında da geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlu zemin modelleri analiz edilerek sınır taşıma gücü değerleri belirlenmiştir.

Çalışmada taş kolonsuz ve geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlu zeminlerin taşıma gücü analizinden sonraki durumu gösteren zemin modelleri Şekil 3.'de verilmiştir.

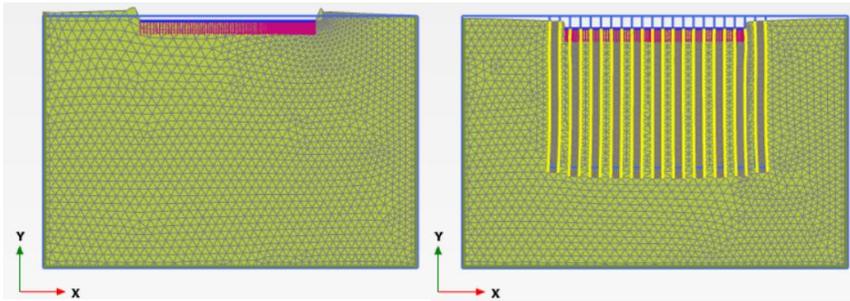


Şekil 2. Geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlu zemin geometrisinin oluşturulması, model zemin parametrelerinin girilmesi ve ağın (mesh) oluşturulması.

Taş kolonsuz ve geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlu zemine ait taşıma gücü analizleri sonuçları Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 2. Taş kolonsuz ve geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlu zemine ait sınır taşıma gücü değerleri.

| Zemin Kohezyonu (kN/m ²) | Geosentetik Malzemenin Eksenel Rijitliği (kN/m) | Taş Kolonun İçsel Sürtünme Açısı (ϕ°) | Taş Kolon Çapı (cm) | Geosentetiklerle Güçlendirilmiş Taş Kolonlar ile iyileştirilmiş Yumuşak Kil Zeminlerin Sınır Taşıma Gücü Değerleri (kN/m ²) | | Taş Kolonsuz Zeminlerin Sınır Taşıma Gücü Değerleri (kN/m ²) |
|--------------------------------------|---|---|---------------------|---|-------|--|
| | | | | s/D=2 | s/D=3 | |
| c=10 | EA=1000 | $\phi_s=35^\circ$ | D=100 | 140.4 | 121.1 | 104.6 |
| | | | D=80 | 136.9 | 120.0 | |
| | | $\phi_s=40^\circ$ | D=100 | 144.6 | 136.4 | |
| | | | D=80 | 141.4 | 126.5 | |
| c=10 | EA=1500 | $\phi_s=35^\circ$ | D=100 | 142.5 | 124.7 | 104.6 |
| | | | D=80 | 140.4 | 122.1 | |
| | | $\phi_s=40^\circ$ | D=100 | 153.6 | 145.9 | |
| | | | D=80 | 144.7 | 136.1 | |



Şekil 3. Taş kolonsuz ve geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlu zemin modelinin sonraki durumu (Sınır taşıma gücü analizi için).

4. Sonuçlar

Dolgu altındaki yumuşak kil zeminin farklı parametreler dikkate alınarak geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlar ile iyileştirilmeye çalışılmıştır. Farklı parametreler etkisinde Plaxis 2D ile yapılan sayısal analiz ile taş kolonsuz ve geosentetiklerle güçlendirilmiş taş kolonlu zeminlerin sınır taşıma gücü ve oturma değerleri belirlenmiştir. Elde edilen değerlerde, taş kolon çapı ve içsel sürtünme açısı ve geosentetik malzemenin eksenel rijitliği arttıkça taşıma gücünün arttığı ancak taş kolon aralığı arttıkça sınır taşıma gücünün azaldığı görülmüştür.

KAYNAKÇA

Çadır. C. C. (2016) Taş kolonlar ile iyileştirilmiş şevlerin sonlu elemanlar yöntemi ile sismik analizi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü inşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Trabzon.

Debnath P. and KantiDey A., (2017) Bearing capacity of geogrid reinforced sand over encased stone columns in soft clay, *Geotextiles and Geomembranes* 45, 653-664.

Ghazavi M. and Afshar N. J. (2013) Bearing capacity of geosynthetic encased stone columns, *Geotextiles and Geomembranes* 38, 26-36.

GnielJ.andBouazza, A. (2009) Improvement of soft soils using geogrid encased stone columns, *Geotextiles and Geomembranes* 27, 167–175.

Lee D. Yoo C. Park S. and Jung S. (2008) Field load tests of geogrid encased stone columns in soft ground. In *Proceedings of Eighteenth International Offshore and Polar Engineering Conference*, Vancouver, BC, Canada, July, pp. 6-11.

Malarvizhi S. N. and Ilamparuthi K. (2007) Comparative study on the behavior of encased stone column and conventional stone column. *Soils and foundations*, 47(5), 873-885.

Marina M. Almudena D. C. Jorge C. and Cesar S. (2017), Influence of geotextile encasement on the behaviour of stone columns: Laboratory study, *Geotextiles and Geomembranes* 45, 14-22.

Miranda M. and Almudena D. C. (2016) Laboratory analysis of encased stone columns, *Geotextiles and Geomembranes*, 44, 269-277.

Murugesan S. and Rajagopal K. (2006) Geosynthetic-encased stone columns: Numerical evaluation, *Geotextiles and Geomembranes* 24, 349–358.

Pulko B. Majes B. and Logar J. (2011) Geosynthetic-encased stone columns: Analytical calculation model, *Geotextiles and Geomembranes* 29, 29-39.

Sarıcı T. (2014) Geosentetik İle Güçlendirilmiş TaşKolonların Taşıma Kapasitesinin Analizi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Malatya Ağustos.

Soroush A., Imam R. and Keykhosropur L. (2012) 3D numerical analyses of geosynthetic encased stone columns, Geotextiles and Geomembranes 35, 61-68.

Vekli, M. (2009) TaşKolon İle Şev İyileştirilmesinin Deneysel ve Sayısal Olarak İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Trabzon.

BTPCA MOLEKÜLÜNÜN DFT METODU KULLANILARAK YAPILAN TEORİK HESAPLAMALARI

Kocaeli Üniversitesi, Gölcük MYO, 41380, Kocaeli, Türkiye

Hacer GÜMÜŞ*

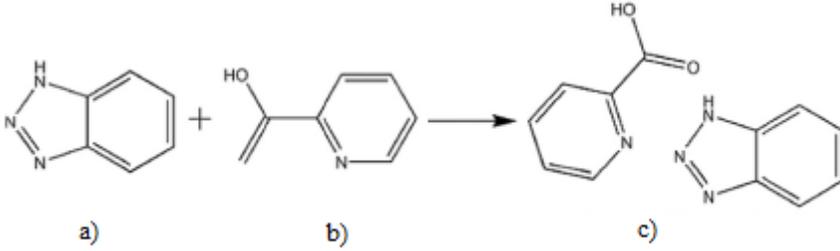
1. GİRİŞ

Lineer olmayan optiklerin en yaygın uygulama alanlarından olan optik iletişim, sinyal işleme, optik anahtarlama, frekans değişimi ve telekomünikasyon ve bilgi işlem teknolojilerindeki gelişmelere yönelik optik veri depolama son 30 yıldır çalışılmıştır (Chemla, D.S., 1987; Prasad, P., 1991). Bu gibi teknolojik uygulamalar için asentrik organik kristallere daha fazla ilgi gösterilmiştir. Organik lineer olmayan optik materyaller, nispeten yüksek ve daha hızlı lineer olmayan iteleri nedeniyle, inorganik bileşiklerinden çok daha üstün olabilirler Zyss, J., 1994; Zyss, J., 1996; Desiraju, G.R., 1989; Peramaiyan, G. vd., 2013; Sornamurthy, B.M., vd. 2014). NLO özellikleri için bildirilen çeşitli organik bileşikler arasında, benzotriazol phydroxy benzoic acid (Silambarasan, A., vd. 2015), benzotrizolium picrat (Dhanabal, T., vd. 2013) gibi organik benzotriazol bileşikleri üzerinde iyi bir NLO özelliğine ve kristalleşe bilirlğe sahip bir dizi çalışma bulunmaktadır. Benzotriazol üç azot atomu içerir, ayrıca proton azot atomlarının herhangi birine sıkıca bağlanamaz. Bu nedenle, benzotriazol, azot atomları üzerinde bulunan bir çift elektronu kullanarak çok zayıf bir kaynaşık baz olarak bir proton kabul eder. Pikolinik asit, 2-pozisyonunda bir karboksilik asit ikamesi olan bir piridin türevidir. Çoklu bağlanmış bir ligand ve tek bir merkezi atom arasında iki veya daha fazla ayrı koordinat bağının oluşmasını içerir ve iki boyutlu çerçeve ve nonantrosimetrik uzay grubu ile bir kristal büyümesi gerekir. Bu çalışmada, ilk kez yavaş buharlaştırma tekniği ile benzotriazol piridin-2-karboksilik asit tek kristali X-ışını kırınımı, IR ve UV-görünür spektrumları, elektrik ve elektronik özellikler, NBO, NLO analiz yöntemleri ile karakterize edildi.

2. MOLEKÜLER YAPISININ İNCELENMESİ

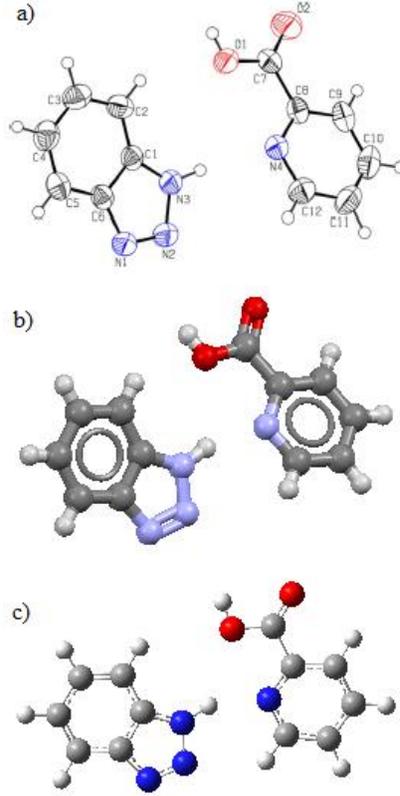
Benzotriazol piridin-2-karboksilik asit isimli bileşiğimizin moleküler formülü $[C_{12}H_{10}N_4O_2]$ dir ve bileşiğin temsili gösteriminin adı BTPCA dir. Şekil 1 de BTPCA nın sentez şeması gösterilmiştir.

* (Dr. Öğ. Üyesi); Kocaeli Üniversitesi, Gölcük MYO, 41380, Kocaeli, Türkiye.



Şekil 1. a)Benzotriazolb) piridin-2-karboksilik asit c) Benzotriazol piridin-2-karboksilik asit bileşiğinin sentez şeması

BTPCA'nın sentezlenmesi A. Thirunavukkarsu ve arkadaşları tarafından yapıldı (Thirunavukkarsu, A., 2017). X-ışını tek kristal yapı verileri CCDC 1498882 referans kodu Cambridge kristalografik yapı veri tabanında (CSD) bulunmaktadır. BTPCA'nın moleküler ağırlığı $242.24 \text{ g mol}^{-1}$, birim hücresi ortorombik yapıda ve Pna21 uzay grubundandır. BTPCA'nın deneysel yapısı Şekil 2a da ve Cambridge kristalografik yapı veri tabanından alınan X-ışını tek kristal yapısı Şekil 2b de gösterildi. CSD den alınan BTPCA'nın X-ışını tek kristal yapısı gaz fazında ve taban durumunda GAUSSIAN 09 (Frisch, 2009) programında Yoğunluk Fonksiyonu Teorisi (DFT) metodu kullanılarak, kutuplanma etkisini gidermek için eklenen polarize fonksiyonları ve uyarılmış, iyonik moleküllerde elektron yoğunluğunun molekülün temel durumuna göre daha dağınık olma durumunu modellemek için eklenen difüze fonksiyonları içeren 6-311++G(d,p) taban seti ile her elektron çiftinin tek bir yörüngede yer almaya zorlandığı sınırlandırılmış (restricted) kapalı kabuk hesaplamaları ile geometri optimizasyonu yapıldı ve Şekil 2c de gösterildi.



Şekil 2. BTPCA molekülü için a) deneysel yapı b) kristal yapı (CCDC 1498882) c) B3LYP/6-311++G(d,p) metodu ile optimize olmuş yapı.

BTPCA'nın B3LYP (Lee vd., 1988:37; Becke, 1993:98) ve HSEH1PBE (Heyd vd., 2004:121, 2004:120, 2005:123, 2006:124) metodları ile optimize edilmiş geometrik yapı parametreleri Tablo 1 de listelendi.

Tablo 1. BTPCA'nın bağ uzunlukları ve bağ açıları.

| Bağ uzunlukları(Å) | Deneysel Teorik | | |
|-------------------------------|------------------------|--------------|-----------------|
| | X-Işını | B3LYP | HSEH1PBE |
| N1-N2 | 1.304 | 1.292 | 1.285 |
| N2-N3 | 1.345 | 1.356 | 1.342 |
| N3-C1 | 1.354 | 1.361 | 1.355 |
| C6-C5 | 1.397 | 1.403 | 1.400 |
| C5-C4 | 1.365 | 1.383 | 1.379 |

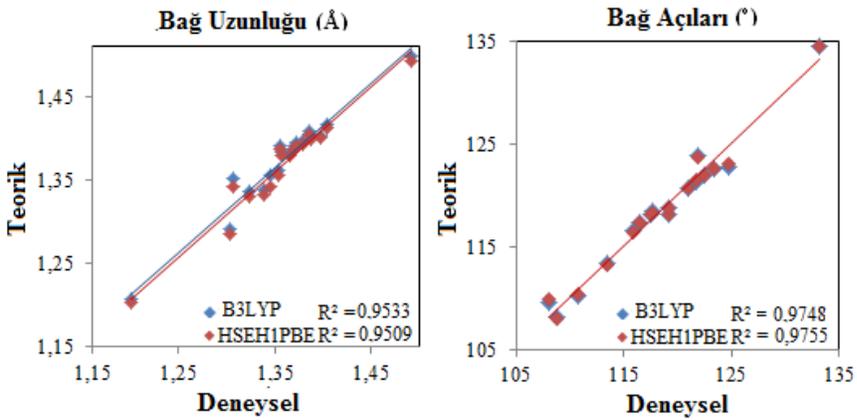
| | | | |
|---------|-------|-------|-------|
| C4-C3 | 1.404 | 1.416 | 1.412 |
| C3-C2 | 1.357 | 1.384 | 1.380 |
| C2-C1 | 1.387 | 1.402 | 1.398 |
| O1-C7 | 1.307 | 1.351 | 1.342 |
| C7-O2 | 1.200 | 1.207 | 1.204 |
| C7-C8 | 1.492 | 1.499 | 1.493 |
| C8-N4 | 1.339 | 1.339 | 1.333 |
| N4-C12 | 1.323 | 1.336 | 1.331 |
| C12-C11 | 1.379 | 1.396 | 1.392 |
| C11-C10 | 1.356 | 1.391 | 1.387 |
| C10-C9 | 1.370 | 1.391 | 1.388 |
| C9-C8 | 1.373 | 1.395 | 1.390 |

Bağ Açıları (°)

| | | | |
|------------|--------|--------|--------|
| C6-N1-N2 | 108.74 | 108.15 | 108.01 |
| N1-N2-N3 | 108.09 | 109.59 | 109.87 |
| N2-N3-C1 | 110.76 | 110.27 | 110.37 |
| C5-C4-C3 | 121.73 | 121.40 | 121.45 |
| C2-C3-C4 | 122.45 | 121.96 | 121.99 |
| C3-C2-C1 | 115.92 | 116.53 | 116.42 |
| C2-C1-N3 | 133.23 | 134.50 | 134.54 |
| O1-C7-O2 | 124.70 | 122.82 | 123.07 |
| O1-C7-C8 | 113.47 | 113.34 | 113.24 |
| O2-C7-C8 | 121.83 | 123.84 | 123.69 |
| C7-C8-N4 | 117.70 | 118.41 | 118.31 |
| C8-N4-C12 | 117.52 | 118.21 | 118.21 |
| N4-C11-C12 | 123.32 | 122.69 | 122.66 |
| C8-C9-C10 | 119.19 | 118.24 | 118.11 |

BTPCA'nın karakteristik olan bazı bağ uzunluklarını kıyasladığımızda şu sonuçlarla karşılaşırız. N₁-N₂ için gözlenen bağ uzunluğu 1.304 Å iken bu değer B3LYP metodunda 1.292 Å, HSEH1PBE metodunda 1.285

Å olduğu görüldü. N_3-C_1 için gözlenen bağ uzunluğu 1.354 Å iken bu değer B3LYP metodunda 1.361 Å, HSEH1PBE metodunda 1.355 Å olduğu görüldü. Deneysel olarak O_1-C_7 için gözlenen bağ uzunluğu 1.307 Å iken bu değer B3LYP metodunda 1.351 Å, HSEH1PBE metodunda 1.342 Å olduğu görüldü. Deneysel olarak C_5-C_4 için gözlenen bağ uzunluğu 1.365 Å iken bu değer B3LYP metodunda 1.383 Å, HSEH1PBE metodunda 1.379 Å olduğu tespit edildi. BTPCA'nın Tablo 1 den alınan deneysel ve teorik verileri karşılaştırmak amacıyla, bağ uzunlukları (Å) ve bağ açıları ($^\circ$) için lineer regresyon analizinden lineer korelasyon katsayıları (R^2) Şekil 3 deki gibi elde edilmiştir.



Şekil 3. BTPCA molekülünün bağ uzunlukları ve bağ açıları korelasyon grafikleri.

Korelasyon sonuçlarımıza göre; deneysel değerlerin B3LYP metodu ile bağ uzunluğu için 0.9533 bağ açısı için ise 0.9509 uyumlu olduğu görülmüştür. HSEH1PBE metodu ile deneysel değerlerin bağ uzunluğu için 0.9748 bağ açısı için ise 0.9755 uyumlu olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar bize yapılan teorik hesaplamaların deneysel değerler ile oldukça uyumlu olduğunu göstermektedir.

3. TİTREŞİM (İNFRARED) VE UV SPEKTRUMLARI

BTPCA'nın titreşim spektrumu deneysel olarak $4000-400\text{ cm}^{-1}$ orta IR bölgesinde incelendi (Thirunavukkarsu, A., 2017) teorik olarak da B3LYP ve HSEH1PBE metodları kullanılarak gaz fazında hesaplandı. Hesaplanan titreşim frekansları B3LYP/6-311++G(d,p) metodu için 0.9970 ve HSEH1PBE/6-311++G(d,p) için 0.9614 katsayıları ile çarpıldı. Bu çarpılan frekansların teorik sonuçları ile deneysel sonuçları Tablo 2 de listelendi.

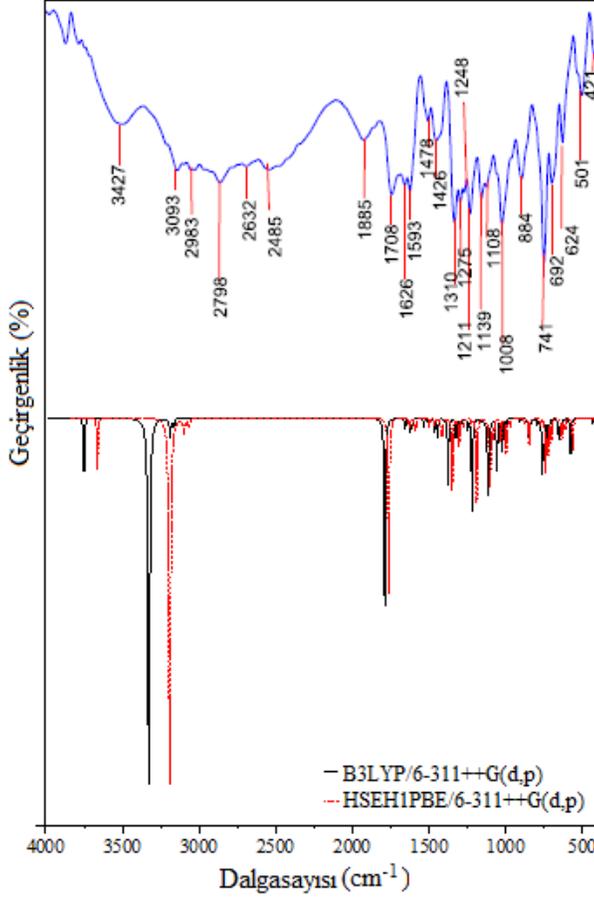
Tablo 2. BTPCA molekülünün deneysel ve teorik titreşim

| (IR) dalgasayıları ve işaretlemeleri | | | |
|---------------------------------------|-----------|--------|----------|
| | Deneyssel | Teorik | |
| | IR | B3LYP | HSEH1PBE |
| ν (N-H) | 3427 | 3337 | 3318 |
| ν (C-H) _{aromatik} | 3093 | 3200 | 3222 |
| ν (C-H) _{aromatik} | 2983 | 3197 | 3206 |
| ν (C=O) | 1708 | 1794 | 1833 |
| ν (C=C), ν (C=N) | 1626 | 1661 | 1693 |
| ν (C=C), ν (C=N) | 1478 | 1492 | 1509 |
| ν_a (COO ⁻) | 1593 | 1614 | 1643 |
| ν (COO ⁻) | 1426 | 1468 | 1403 |
| ν_a (C-N) | 1310 | 1328 | 1357 |
| ν (C-N) | 1211 | 1252 | 1271 |
| ρ (CH) | 1275 | 1223 | 1237 |
| ν (C-C) | 1108 | 1120 | 1149 |
| ρ (C-C) _{bending} | 1008 | 1022 | 1037 |
| γ (C-N) _{deformation} | 884 | 912 | 913 |
| w (NH) | 624 | 662 | 676 |
| γ (C-H) | 741 | 763 | 768 |
| γ (C-H) | 692 | 751 | 754 |
| ρ (-COO ⁻) | 501 | 506 | 512 |

Kısaltmalar: ν , gerilme; a, simetrik olmayan; s, simetrik; δ , bükme; ρ , sallanma; γ , düzlem dışı bükme; τ , burulma.

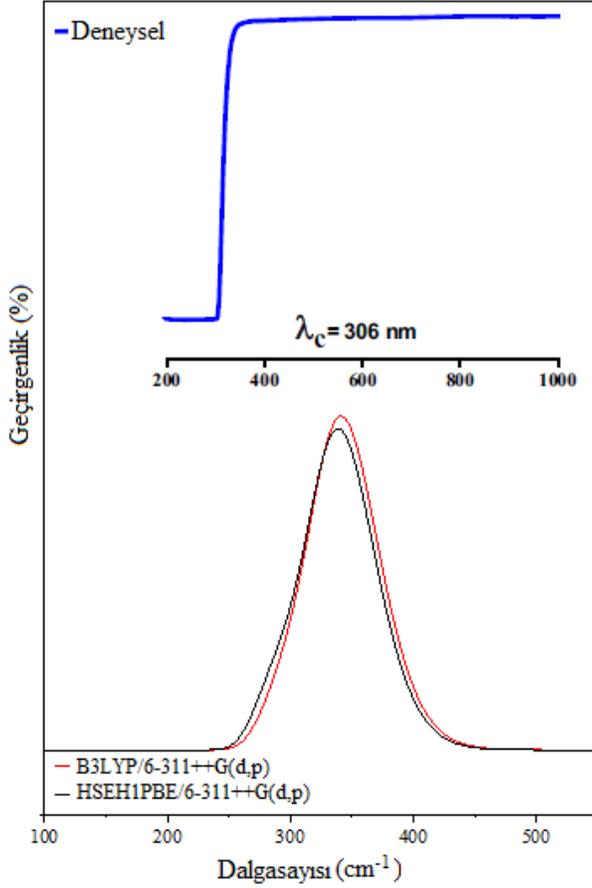
N-Hgerilme titreşim bandı deneysel olarak 3427 cm^{-1} aralığında gözlemlenirken teorik olarak B3LYP metodunda 3337 cm^{-1} HSEH1PBE metodunda 3318 cm^{-1} olarak hesaplandı. C-Haromatik halka gerilme titreşim bandı deneysel olarak 3093 cm^{-1} aralığında gözlemlenirken teorik olarak B3LYP metodunda 3200 cm^{-1} HSEH1PBE metodunda 3222 cm^{-1} olarak hesaplandı. C=O ve C=N gerilme titreşim bantları deneysel olarak 1708, 1626 cm^{-1} aralığında gözlemlenirken B3LYP metodunda 1794, 1661 cm^{-1} , HSEH1PBE metodunda 1833 ve 1693 cm^{-1} olarak hesaplandı.

B3LYP ve HSEH1PBE ile hesaplanan frekanslar karşılaştırıldığında neredeyse tüm frekansların birbirleriyle uyumlu olduğu görüldü. BTPCA'nın hesaplanan titreşim spektrumları Şekil 4 de gösterildi.



Şekil 4. BTPCA molekülünün a) deneysel ve b) teorik IR spektrumları.

BTPCA'nın UV görünür bölge spektrumu zamana bağımlı yoğunluk fonksiyonu teorisi (TD-DFT) ile hesaplandı. Absorption bandı deneysel olarak 306 nm de gözlemlenirken teorik olarak B3LYP metodunda 343 nm ve HSEH1PBE metodunda 341 nm hesaplandı. Bu deneysel ve teorik veriler ile çizilen UV görünür bölge spektrumu Şekil 5 de gösterildi.



Şekil 5. BTPCA molekülünün deneysel ve teorik UV spektrumları.

4. NATURAL BAĞORBİTAL (NBO) ANALİZİ

BTPCA'nın moleküller arası etkileşimleri daha iyi anlamak için optimize yapılar üzerinde NBO analizi yapılarak moleküllerdeki bağların özellikleri üzerinde ne gibi etkiler yaptığı ve gerçekleşen hiperkonjugatif etkileşimler incelendi. NBO verici-alıcı etkileşimleri Tablo 3 de verildi.

Tablo 3. BTPCAnın Natural Bağ Orbital verici-alıcı etkileşimleri.

| Donor (i) | ED(I) (e) | Acceptor (j) | ED(j) (e) | E(2) ^a | E(j)- E(i) ^b | F(i,j) ^c |
|--|--------------|--|--------------|-------------------|----------------------------|---------------------|
| σ (C ₁ -C ₂) | 1.974 | σ^* (C ₁ -C ₆) | 0.038 | 4.67 | 1.25 | 0.069 |
| σ (C ₁ -C ₂) | 1.974 | σ^* (C ₁ -N ₃) | 0.036 | 3.03 | 1.18 | 0.054 |
| σ (C ₁ -C ₂) | 1.974 | σ^* (N ₂ -N ₃) | 0.043 | 1.31 | 1.09 | 0.034 |
| σ (C ₁ -N ₃) | 1.987 | σ^* (C ₅ -C ₆) | 0.020 | 3.03 | 1.40 | 0.058 |
| σ (C ₇ -C ₈) | 1.974 | σ^* (C ₇ -O ₂) | 0.017 | 1.33 | 1.28 | 0.037 |

| | | | | | | |
|---|-------|--|-------|-------|------|-------|
| σ (C ₇ -O ₁) | 1.995 | σ^* (C ₇ -O ₂) | 0.017 | 0.55 | 1.55 | 0.026 |
| σ (C ₇ -O ₂) | 1.995 | σ^* (C ₈ -N ₄) | 0.024 | 1.16 | 1.61 | 0.039 |
| σ (C ₈ -C ₉) | 1.978 | σ^* (C ₇ -O ₁) | 0.094 | 1.56 | 1.06 | 0.037 |
| σ (C ₈ -C ₉) | 1.978 | σ^* (C ₈ -N ₄) | 0.024 | 3.01 | 1.24 | 0.055 |
| σ (C ₉ -C ₁₀) | 1.979 | σ^* (C ₇ -C ₈) | 0.076 | 2.70 | 1.11 | 0.050 |
| π (C ₇ -O ₂) | 1.982 | π^* (C ₇ -O ₂) | 0.233 | 0.71 | 0.40 | 0.016 |
| π (C ₇ -O ₂) | 1.982 | π^* (C ₈ -C ₉) | 0.324 | 3.28 | 0.41 | 0.036 |
| π (C ₈ -C ₉) | 1.616 | π^* (C ₇ -O ₂) | 0.233 | 17.33 | 0.27 | 0.064 |
| π (C ₈ -C ₉) | 1.616 | π^* (C ₁₀ -C ₁₁) | 0.289 | 19.84 | 0.29 | 0.069 |
| π (C ₈ -C ₉) | 1.616 | π^* (C ₁₂ -N ₄) | 0.358 | 18.40 | 0.27 | 0.063 |
| π (C ₁₀ -C ₁₁) | 1.628 | π^* (C ₁₂ -N ₄) | 0.358 | 27.80 | 0.26 | 0.077 |
| π^* (C ₁ -C ₆) | 0.475 | σ^* (C ₄ -C ₅) | 0.272 | 274.5 | 0.01 | 0.080 |
| LP ₁ (N ₂) | 1.952 | σ^* (C ₁ -N ₃) | 0.036 | 6.20 | 0.91 | 0.067 |
| LP ₁ (N ₄) | 1.897 | σ^* (C ₁ -N ₃) | 0.036 | 0.06 | 0.85 | 0.007 |

ED=elektron yoğunluğu.

^a E(2) Hiperkonjugatif etkileşim enerjisi (kararlılık enerjisi).

^b verici ve alıcı i ve j NBO orbitalleri arasındaki enerji farkı.

^c F(i, j), i ve j NBO orbitalleri arasındaki Fock matrix elamanıdır.

5. ELEKTRONİK ÖZELLİKLERİ

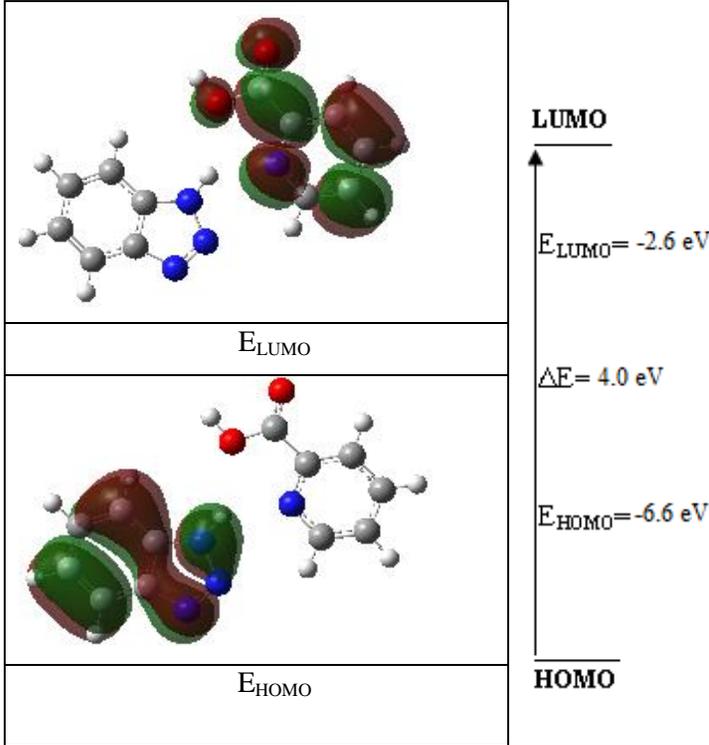
En yüksek dolu moleküler orbital enerjisi (E_{HOMO}) ve en düşük boş moleküler orbital enerjisi (E_{LUMO}) kimyasal reaksiyonlara katılan temel orbitallerdir. HOMO enerjisi molekülün elektron verme (π_{donor}), LUMO enerjisi molekülün elektron alma (π_{acceptor}) yeteneği olarak tanımlanır. BTPCA'nın 6-311++G(d,p) seti kullanılarak B3LYP ve HSEH1PBE metodları ile E_{HOMO} ve E_{LUMO} enerji değerleri hesaplandı. Hesaplanan bu enerjilerin farkı (ΔE) büyük olduğunda elektron dağılımı daha az değişime uğrar ve kutuplanma düşük olur. Teorik olarak hesaplan E_{HOMO} ve E_{LUMO} enerjilerinin elektron yoğunluğu dağılımına bakılarak, iyonizasyon potansiyeli (I), elektron ilgisi (A), kimyasal sertlik (η), kimyasal yumuşaklık (S) ve elektronegatiflik (χ) parametreleri hesaplandı ve Tablo 3 de listelendi.

Tablo 3. BTPCA molekülünün teorik elektronik yapı parametreleri.

| | B3LYP | HSEH1PBE |
|---|--------------|-----------------|
| E_{HOMO} (eV) | -6.559 | -6.363 |
| E_{LUMO} (eV) | -2.546 | -2.722 |
| $\Delta E = E_{\text{LUMO}} - E_{\text{HOMO}}$ (eV) | 4.013 | 3.641 |
| I (eV) | 6.559 | 6.363 |
| A (eV) | 2.546 | 2.722 |

| | | |
|-------------------------|----------|----------|
| χ (eV) | 4.552 | 4.542 |
| η (eV) | 2.007 | 1.820 |
| S (eV ⁻¹) | 0.076 | 0.079 |
| E_{TOTAL} (a.u) | -832.971 | -832.091 |

HOMO ve LUMO dağılımlarının gösterimi Şekil 6 de verildi.



Şekil 6. BTPCA molekülünün B3LYP/6-311G(d,p) metoduyla elde edilen HOMO ve LUMO gösterimleri.

6. LİNEER OLMAYAN OPTİK (NLO) ÖZELLİKLERİ

Bir molekülün kutuplanabilirliği, molekülün dipol momentinin uygulanan bir dış elektrik alana gösterdiği doğrusal tepki olarak tanımlanabilir. Kutuplanabilirlik, molekül sisteminin yük yoğunluğu ve elektronik dağılımı gibi özelliklerinin bir ölçüsü olduğundan moleküler optik ve spektroskopide kullanılan önemli bir niceliktir.

Toplam statik dipol moment;

$$\mu = (\mu_x^2 + \mu_y^2 + \mu_z^2)^{1/2}$$

Molekülün biçimsel bakımdan bozulması uygulanan alanın yönünden bağımsızsa bu kutuplanabilirlik izotropik, değilse anizotropik olarak bilinir. Kutuplanabilirlik ve yüksek mertebeli kutuplanabilirlik değerlerinin kartezyen bileşenleri (a.u.) biriminde hesaplanarak, bu kartezyen bileşen değerlerinden;

kutuplanabilirlik

$$\langle \alpha \rangle = \left(\frac{\alpha_{xx} + \alpha_{yy} + \alpha_{zz}}{3} \right)$$

yönelime bağlı kutuplanabilirlik

$$\Delta\alpha = \left(\frac{(\alpha_{xx} - \alpha_{yy})^2 + (\alpha_{yy} - \alpha_{zz})^2 + (\alpha_{zz} - \alpha_{xx})^2}{2} \right)^{1/2}$$

ile ifade edilir (Maroulis, 2000:113). Bir molekülün yüksek mertebe kutuplanabilirliği, molekülün dipol momentinin uygulanan bir dış elektrik alana karşı gösterdiği doğrusal olmayan tepkinin bir ölçüsüdür.

Temel durumda yüksek mertebeli kutuplanabilirlik

$$\langle \beta \rangle = (\beta_x^2 + \beta_y^2 + \beta_z^2)^{1/2}$$

ile ifade edilir. Burada

$$\beta_x = \beta_{xxx} + \beta_{yyy} + \beta_{zzz}$$

$$\beta_y = \beta_{yyy} + \beta_{xxy} + \beta_{yyz}$$

$$\beta_z = \beta_{zzz} + \beta_{xxz} + \beta_{yyz}$$

olarak verilir (Maroulis, 2000:113). BTPCA'nın B3LYP ve HSEH1PBE metodları kullanarak dipol moment (μ), kutuplanabilirlik ($\langle \alpha \rangle$), yönelime bağlı kutuplanabilirlik ($\Delta\alpha$) ve temel durumda yüksek mertebeli kutuplanabilirlik ($\langle \beta \rangle$) değerleri hesaplandı ve Tablo 5 de listelendi.

Tablo 5. BTPCA molekülünün hesaplanan indüklenmiş dipol moment (μ), kutuplanabilirlik ($\langle \alpha \rangle$), yönelime bağlı kutuplanabilirlik ($\Delta\alpha$) ve temel durumda yüksek mertebeli kutuplanabilirlik ($\langle \beta \rangle$) değerleri.

B3LYP

HSEH1PBE

| | | |
|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| μ_x | -1.314980 a.u. | -1.367318 a.u. |
| μ_y | 0.658650 a.u. | 0.670204 a.u. |
| μ_z | 0.000162 a.u. | 0.000166 a.u. |
| μ | 1.470711 a.u. | 1.522738 a.u. |
| μ | 3.737930 Debye | 3.870160 Debye |
| α_{xx} | 229.2036035 a.u. | 226.2489161 a.u. |
| α_{yy} | 202.5122423 a.u. | 198.9150473 a.u. |
| α_{zz} | 90.7692945 a.u. | 89.2709221 a.u. |
| $\langle\alpha\rangle$ | 174.1617134 a.u. | 171.4782952 a.u. |
| $\langle\alpha\rangle$ | 25.811×10^{-24} esu. | 25.41308×10^{-24} esu. |
| $\Delta\alpha$ | 127.2065 a.u. | 125.5626 a.u. |
| $\Delta\alpha$ | 18.852×10^{-24} esu. | 18.60838×10^{-24} esu. |
| β_{xxx} | -8.0032999 a.u. | -25.3693591 a.u. |
| β_{xyy} | 87.3645075 a.u. | 83.4761755 a.u. |
| β_{xzz} | 44.8487527 a.u. | 41.9200609 a.u. |
| β_{yyy} | 150.0083713 a.u. | 137.3648775 a.u. |
| β_{xyx} | 4.1665659 a.u. | 6.7492984 a.u. |
| β_{yzz} | 9.0423169 a.u. | 8.8726431 a.u. |
| β_{zzz} | 0.0360587 a.u. | 0.0252655 a.u. |
| β_{xxz} | -0.0084382 a.u. | -0.0097964 a.u. |
| β_{yyz} | -0.0776487 a.u. | -0.0817042 a.u. |
| $\langle\beta\rangle$ | 205.1048 a.u. | 182.785 a.u. |
| $\langle\beta\rangle$ | 1771.96×10^{-33} esu. | 1579.13×10^{-33} esu. |

7. MULLİKEN, APT VE NBO YÜK ANALİZLERİ

Mulliken yükleri, mulliken popülasyon analizleri yapılarak bulunan en eski ve en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Yaygın olarak kullanılmasında birçok programda bulunması etkin bir faktördür. Kısmi

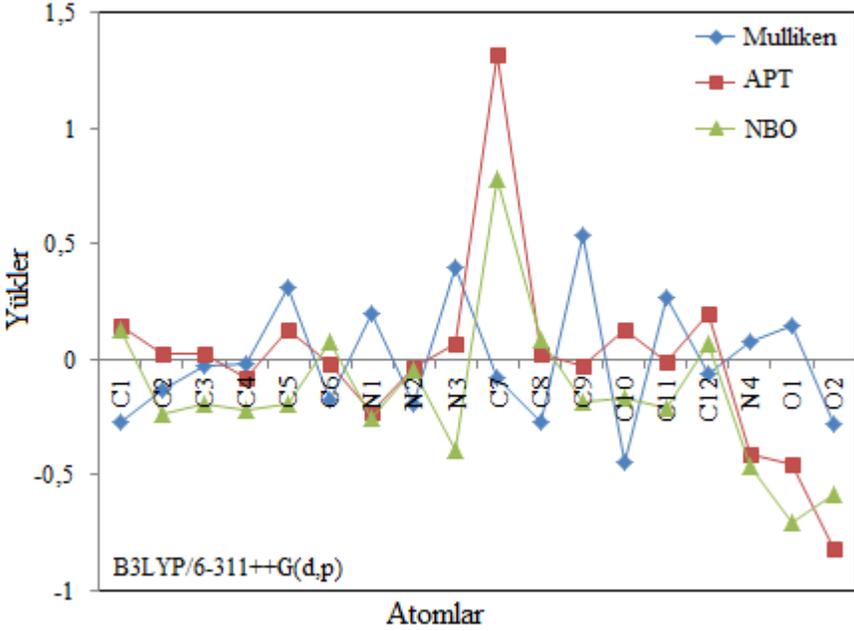
atom yüklerinin hesaplanmasıyla mulliken yükleri elde edilir. Bu metod atomik orbitallerin lineer kombinasyonuyla moleküler orbitallerin elde edilmesi yöntemine dayanır (Pearson, 1989:54). BTPCA nın moleküller arası etkileşimlerini daha iyi anlayabilmek için moleküllerin atomik yüklerini B3LYP/6-311++G(d,p) metodu ile hesaplanıp Tablo 6 de listelendi.

Tablo 6. BTPCA molekülünün teorik Mulliken, APT ve NBO yük dağılımları.

| Atom | Mulliken | APT | NBO |
|------|----------|--------|--------|
| C1 | -0.266 | 0.147 | 0.127 |
| C2 | -0.127 | 0.024 | -0.233 |
| C3 | -0.028 | 0.025 | -0.190 |
| C4 | -0.017 | -0.082 | -0.218 |
| C5 | 0.314 | 0.133 | -0.192 |
| C6 | -0.173 | -0.021 | 0.076 |
| N1 | 0.195 | -0.229 | -0.251 |
| N2 | -0.189 | -0.033 | -0.047 |
| N3 | 0.399 | 0.073 | -0.391 |
| C7 | -0.077 | 1.320 | 0.779 |
| C8 | -0.272 | 0.026 | 0.083 |
| C9 | 0.537 | -0.030 | -0.186 |
| C10 | -0.446 | 0.127 | -0.165 |
| C11 | 0.273 | -0.008 | -0.213 |
| C12 | -0.064 | 0.198 | 0.068 |
| N4 | 0.075 | -0.406 | -0.460 |
| O1 | 0.144 | -0.449 | -0.707 |
| O2 | -0.277 | -0.814 | -0.579 |

Mulliken, APT ve NBO yüklerine bakacak olursak negatif yükler elektronegativitesi en yüksek olan O ve C atomları üzerinde toplanmıştır. Elektronegativitesi daha düşük olan H de pozitif yükler toplanmıştır. Hidrojen atomlarının elektronegatiflik değerleri C den daha azdır. Dolayısıyla negatif yüklerin C-H bağlarında negatif yükün C üzerinde

toplanmasını bekleriz ki elde edilen değerler de bunu doğrulamaktadır. Tablo 6 da Mulliken yük dağılımlarından görüldüğü gibi N_2 atomunun negatif yükü yaklaşık olarak B3LYP metodu için -0.189 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, diğer azot atomlarının negatif yüklerinden daha küçüktür ve molekül içi hidrojen bağında verici olarak bulunur. Mulliken, atomik polar tensör (APT) ve natural bağ orbital (NBO) yük analizleri daha iyi anlaşılmasını diye Şekil 7 da çizildi.

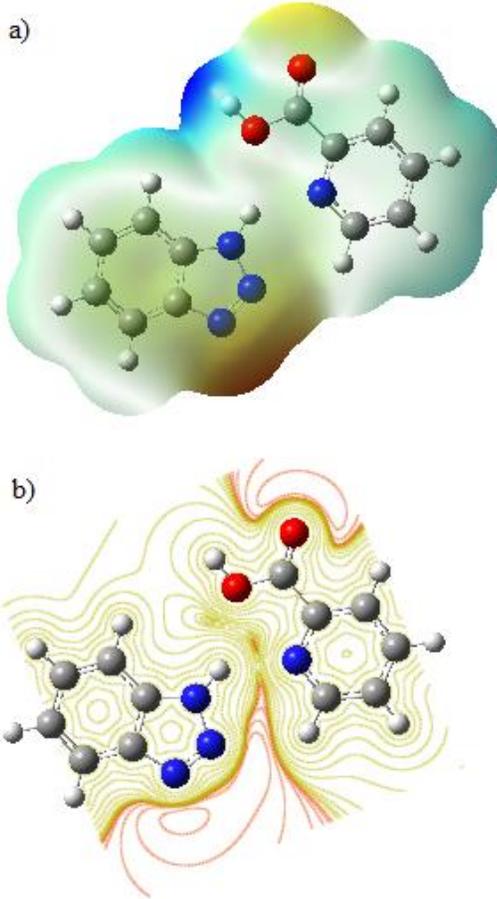


Şekil 7. BTPCA molekülünün Mulliken, APT ve NBO yük dağılımlarının gösterimi.

8. MOLEKÜLER ELEKTROSTATİK POTANSİYEL YÜZEYLER (MEPs)

Moleküler elektrostatik potansiyel (MEP), moleküler davranışların reaktifliği, yapı aktifliği ve hidrojen bağlarını açıklamak için yararlı bir yöntemdir. Reaksiyon mekanizması hakkında daha detaylı bilgiler elde etmek için moleküler elektrostatik potansiyel enerji yüzey (MEPs) hesaplaması gerekmektedir. Bu, atom koordinatlarına bağlı olan toplam enerji değişiminin hesaplanması demektir. MEPs özellikle büyük moleküller için hesaplanabilir; ayrıca moleküler şeklin ve çoğunlukla biyo moleküllerin kutuplanmış bölgeleri arasındaki sterik etkileşmeleri ifade etmek için de kullanılır (Lipkowitz, 1990: 45). Moleküler

elektrostatik potansiyel yüzeyler (MEPs), moleküler davranışların reaktifliği, yapı aktifliği ve hidrojen bağlarını açıklamakta kullanılan faydalı bir metoddur. Negatif elektrostatik potansiyel (kırmızı tonda renklendirilmiş bölgeler) moleküllerin elektron yoğunluğu derişikliği tarafından protonun çekimine (tek çiftlenim, pi bağları gibi), pozitif elektrostatik potansiyel (mavi tonda renklendirilmiş bölgeler) ise düşük elektron yoğunluğunun ve nükleer yükün tam olarak korunmamış olduğu bölgelerde atom çekirdekleri tarafından protonun itmesine karşılık gelir. Ayrıca, hesaplanan kısmi yükler sarı alanlar negatif, kırmızı alanlar ise pozitif olmak üzere protonlar ve pozitif yüklere yaklaşılmalarıyla molekülün nasıl bir etkileşim içinde olabileceğini gösterir. BTPCA'nın B3LYP/6-311G++(d,p) metodu ile optimize olan yapılarının 3 boyutlu moleküler elektrostatik potansiyel yüzey haritaları Şekil 8 de gösterildi.



Şekil 8. BTPCA molekülünün B3LYP/6-311++G(d,p) seviyesinde hesaplanan a) MEP b) kontur ESP yüzey haritaları.

9. TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Termokimyasal özelliklerden ısı oluşumu en önemli parametre olduğundan molekülün termodinamik parametreleri Tablo 7 de listelendi.

Tablo 7. BTPCA nın hesaplanan Termodinamik parametreleri.

| Parametreler | B3LYP | HSEH1PBE |
|------------------------------|-----------------------------|----------|
| | Termal enerji: E (Kcal/mol) | |
| Dönme | 0.889 | 0.889 |
| Ötelenme | 0.889 | 0.889 |
| Titreşim | 139.380 | 140.669 |
| Toplam | 141.157 | 142.446 |
| Isı sığası: C_v (cal/molK) | | |
| Dönme | 2.981 | 2.981 |
| Ötelenme | 2.981 | 2.981 |
| Titreşim | 49.777 | 49.259 |
| Toplam | 55.739 | 55.221 |
| Entropi: S (cal/molK) | | |
| Dönme | 33.632 | 33.583 |
| Ötelenme | 42.353 | 42.353 |
| Titreşim | 54.495 | 53.628 |
| Toplam | 130.480 | 129.564 |
| Dönme sabitleri (GHz) | | |
| A | 0.83743 | 0.84528 |
| B | 0.21252 | 0.21712 |
| C | 0.16951 | 0.17275 |
| Dönme sıcaklıkları (Kelvin) | | |
| A | 0.04019 | 0.04057 |
| B | 0.01020 | 0.01042 |
| C | 0.00814 | 0.00829 |

| Termal özellikler (Hartree/parçacık) | | |
|--|-----------|-----------|
| Sıfır nokta düzeltmesi | 0.210019 | 0.212194 |
| Enerji için termal düzeltme | 0.224949 | 0.227002 |
| Entalpi için termal düzeltme | 0.225893 | 0.227946 |
| Gibbs serbest enerjisi termal düzeltme | 0.163897 | 0.166386 |
| Elektronik ve sıfır nokta enerjiler toplamı | -832.7606 | -831.8785 |
| Elektronik ve termal enerjiler toplamı | -832.7457 | -831.8637 |
| Elektronik ve termal entalpiler toplamı | -832.7447 | -831.8627 |
| Elektronik ve termal serbest enerjiler toplamı | -832.8067 | -831.9243 |
| Sıfır nokta titreşim enerjisi (kcal/mol) | 131.78895 | 133.15394 |

11. SONUÇLAR

Bu çalışmada, BTPCA molekülünün molekül yapıları, spektroskopik özellikleri ve elektron özellikleri deneysel ve kuantum mekaniksel yöntemler kullanılarak araştırılmış ve bu molekülerin yapısal ve spektroskopik karakterizasyonu hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Sunulan bu bilgilerin ışığı altında bu yapının kullanın alanlarının çeşitliliğinin artması amaçlanmıştır.

XVII. 12. KAYNAKLAR

XVIII. BECKE, A. D., 1993. [DENSITY- FUNCTIONAL THERMOCHEMISTRY. III. THE ROLE OF EXACT EXCHANGE.](#) J. CHEM. PHYS., 98, 5648.

Chemla, D.S., Zyss, J., (1987), "Nonlinear Optical Properties of Organic Molecules and Crystals", Academic Press, New York.

Desiraju, G.R., (1989), "Crystal Engineering: The Design of Organic Solids", Elsevier, New York.

1) Dhanabal, T., Amirthaganesan, G., Dhandapani, M., Das, S.K., (2013), "[Synthesis, structural, thermal and nonlinear optical characterization of benzotriazolium picrate crystals](#)", Optik 124, 1966-1970.

- XIX.**FRISCH, M.J., TRUCKS, G.W., SCHLEGEL, H.B., SCUSERIA, G.E., ROBB, M.A., CHEESEMAN, J.R., SCALMANI, G., BARONE, V., MENNUCCI, B., PETERSSON, G.A., NAKATSUJI, H., CARICATO, M., LI, X., HRATCHIAN, H.P., IZMAYLOV, A.F., BLOINO, J., ZHENG, G., SONNENBERG, J.L., HADA, M., EHARA, M., TOYOTA, K., FUKUDA, R., HASEGAWA, J., ISHIDA, M., NAKAJIMA, T., HONDA, Y., KITAO, O., NAKAI, H., VREVEN, T., MONTGOMERY, J.A, JR., PERALTA, J.E., OGLIARO, F., BEARPARK, M., HEYD, J.J., BROTHERS, E., KUDIN, K.N., STAROVEROV, V.N., KOBAYASHI, R., NORMAND, J., RAGHAVACHARI, K., RENDELL, A., BURANT, J. C., IYENGAR, S.S., TOMASI, J., COSSI, M., REGA, N., MILLAM, J. M., KLENE, M., KNOX, J.E., CROSS, J. B., BAKKEN, V., ADAMO, C., JARAMILLO, J., GOMPERTS, R., STRATMANN, R.E., YAZYEV, O., AUSTIN, A. J., CAMMI, R., POMELLI, C., OCHTERSKI, J.W., MARTIN, R.L., MOROKUMA, K., ZAKRZEWSKI, V.G., VOTH, G.A., SALVADOR, P., DANNENBERG, J.J., DAPPRICH, S., DANIELS, A.D., FARKAS, O., FORESMAN, J. B., ORTIZ, J.V., CIOSLOWSKI, J. VE FOX D.J., 2009. GAUSSIAN 09, REVISION A.1, GAUSSIAN, INC., WALLINGFORD CT.
- XX.**HEYD, J. VE SCUSERIA G., 2004. [EFFICIENT HYBRID DENSITY FUNCTIONAL CALCULATIONS IN SOLIDS: ASSESSMENT OF THE HEYD-SCUSERIA-ERNZERHOF SCREENED COULOMB HYBRID FUNCTIONAL](#). J. CHEM. PHYS., 121, 1187.
- XXI.**HEYD J. AND SCUSERIA G.E. 2004.[ASSESSMENT AND VALIDATION OF A SCREENED COULOMB HYBRID DENSITY FUNCTIONAL](#). J. CHEM. PHYS., 120, 7274.
- XXII.**HEYD J., PERALTA J. E., SCUSERIA G. E., AND MARTIN R. L. 2005. [ENERGY BAND GAPS AND LATTICE PARAMETERS EVALUATED WITH THE HEYD-SCUSERIA-ERNZERHOF SCREENED HYBRID FUNCTIONAL](#). J. CHEM. PHYS., 123, 174101.
- XXIII.** HEYD J., SCUSERIA G. E., AND ERNZERHOF M. 2006. [HYBRID FUNCTIONALS BASED ON A SCREENED COULOMB POTENTIAL](#). J. CHEM. PHYS., 124, 219906.
- XXIV.**KRISHNA KUMAR, M., THIRUNAVUKKARASU, A., MOHAN KUMAR, R., UMARANI, P.R., (2015), "[SYNTHESIS, CRYSTAL GROWTH, SOLUBILITY, STRUCTURAL, OPTICAL, DIELECTRIC AND MICROHARDNESS STUDIES OF BENZOTRIAZOLE-4-HYDROXYBENZOIC ACID SINGLE CRYSTALS](#)", J. CRYST. GROWTH 420, 11-16.

XXV. LEE, C., YANG, W. VE PARR R.G., 1988. DEVELOPMENT OF THE COLLE-SALVETTI CORRELATION-ENERGY FORMULA INTO A FUNCTIONAL OF THE ELECTRON DENSITY. PHYS. REV. B, 37, 785.

1) Lipkowitz, K.B., Boyd D.B., (1990), "Successes of Computer-Assisted Molecular Design *Reviews In Computational Chemistry*", New York 45.

Maroulis, G., (2000), *J. Chem. Phys.*, 113, 5.

Prasad, P., Williams, D.J., (1991), "Introduction to Nonlinear Optical Effects in Molecules and Polymers", Wiley, New York.

Pearson, R., *J.Org.Chem.*, (1989), 54, 1423-1430.

Peramaiyan, G., Pandi, P., N. Vijayan, Bhagavannarayana, G., MohanKumar, R., (2013), "Crystal growth, structural, thermal, optical and laser damage threshold studies of 8-hydroxyquinolinium hydrogen maleate single crystals", *J. Cryst. Growth* 375, 6-9.

2) Sornamurthy, B.M., Peramaiyan, G., Pandi, P., Das, S., Bhagavannarayana, G., Manivannan, V., Mohan Kumar R., (2014), "Studies on the growth, thermal and optical properties of 4-aminopyridinium p-aminobenzoate dihydrate single crystals", *J. Cryst. Growth* 397, 1-5.

XXVI. THIRUNAVUKKARSU, A., SUJATHA, T., UMARANI, P.R., NIZAM M., MOHIDEEN, A., SILAMBARASAN, R., MOHAN K., (2017), "GROWTH ASPECTS, STRUCTURAL, OPTICAL, THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BENZOTRIAZOLE PYRIDINE-2-CARBOXYLIC ACID SINGLE CRYSTAL", *JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH* 460 42-47.

Zyss, J., (1994), "Molecular Nonlinear Optics: Materials, Physics and Devices", Academic Press, San Diego, California.

Zyss, J., (1996), "Nicoud, Status and perspective for molecular nonlinear optics: from crystals to polymers and fundamentals to applications", *Curr. Opin. Solid State Mater. Sci.* 1, 533-546.

1,2-(TETRAZOL-1-YL)ETAN ÜZERİNE TEORİK BİR ÇALIŞMA Hacer GÜMÜŞ*

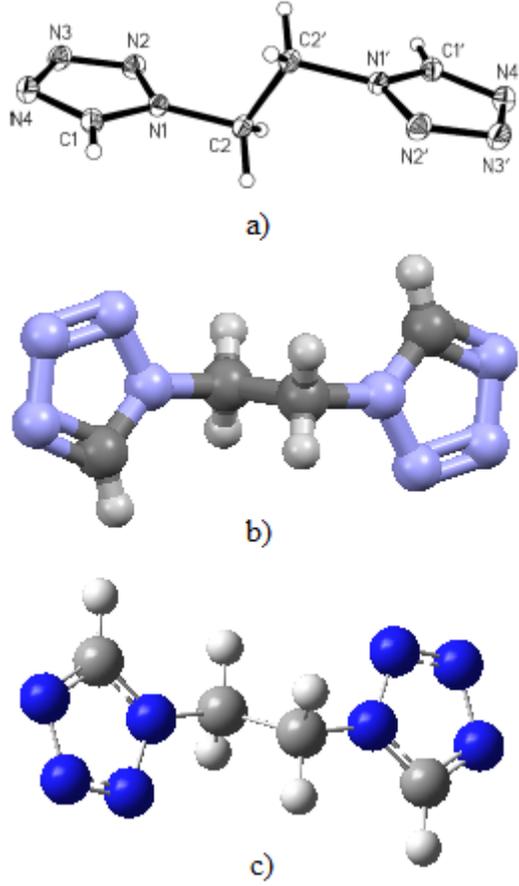
1. GİRİŞ

Tetrazol halkasının koordinat atomu genellikle dört pozisyonundaki azot atomudur. Tetrazol bileşiklerinin donör sayısı (tetrazol-1-il) propan gibi bileşikler için oldukça düşük ve hatta (tetrazol-1-il) için daha düşük bulunmuştur. Bu nedenle, daha kararlı spin geçişi kompleksleri elde etmek için olası bir adım, çeşitli zincir uzunluklarındaki alkil zincirleri ile köprülenmiş iki tetrazol halkasından oluşan bir kenetleme ligandının sentezidir. Tetrazoller kimyasal ve biyolojik olarak önemli bileşiklerdir. Tetrazollerin sentezlenmesi, X-ışını kırınımı kullanılarak karakterize edilmesi, NMR, IR ve UV görünür spektroskopi ile aydınlanması Johannes Schweifer ve arkadaşları tarafından yapılmıştır (Schweifer J., vd., 2002). Ancak, literatürde yaptığımız araştırmalar sonucu, teorik spektroskopik hesaplamalar, konformasyonel analiz, moleküler geometri, doğrusal olmayan optik (NLO) analiz, elektronik özelliklerinin incelenmediği gözlenmiştir. Bu çalışmada; yapısal, elektrik, elektronik, spektroskopik ve konformasyonel özelliklerin anlaşılması için hesaplamalar yoğunluk fonksiyoneli (DFT) metodunda B3LYP ve B3PW91 (Lee vd., 1988:37; Becke, 1993:98) seviyelerinde 6-311++G(d,p) baz seti kullanılarak Gaussian 09W paket programı ve (Frisch, 2009) GaussView 5 (Dennington R., 2009) moleküler görüntüleme programı ile hesaplanmıştır.

2. GEOMETRİK OPTİMİZASYON

1,2-(tetrazol-1-yl)etan molekülünün moleküler formülü C₄H₆N₈ moleküler ağırlığı 166.17 g mol⁻¹, birim hücresi monoklinik ($a=7.283(3)$ Å, $b=5.450(2)$ Å, $c=9.153(4)$ Å) yapıda; $P 21/n$ uzay grubudur. 1,2-(tetrazol-1-yl)etan molekülünün B3LYP/6-311++G(d,p) seviyesinde hesaplanmış atom numaralarını gösteren 2D deneysel yapısı Şekil 1a da, kristal yapısı (CCDC 181857) Şekil 1b de ve optimize geometrinin yapısı Şekil 1c de verildi.

* (Dr. Öğ. Üyesi); Kocaeli Üniversitesi, Gölcük MYO, 41380, Kocaeli, Türkiye.



Şekil 1. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülü için a) Deneysel yapı b) kristal yapı (CCDC 181857) c) B3LYP/6-311++G(d,p) metodu ile optimize olmuş yapı.

DFT/B3LYP ve DFT/B3PW91 metotları ile optimize edilen 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etanmolekülünün geometrik parametreleri (bağ uzunluğu ve bağ açısı) verileri deneysel veriler ile birlikte aşağıdaki Tablo 1 de listelendi.

Tablo 1. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan nın bağ uzunlukları ve bağ açıları.

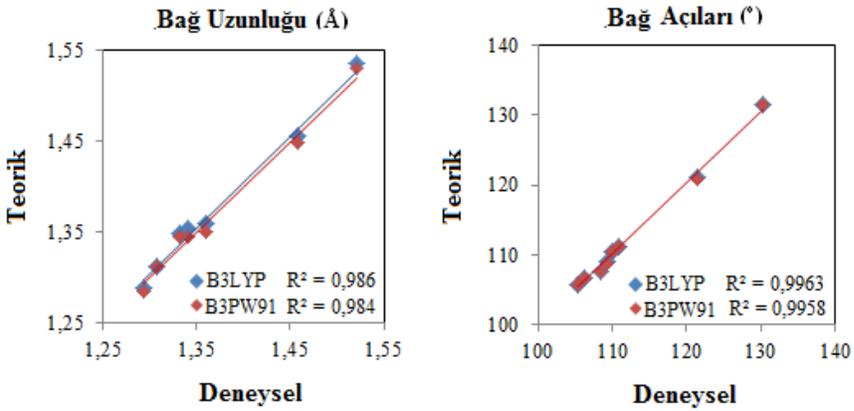
| | Deneysel | Teorik | |
|---------------------------|----------|--------|--------|
| | X-Işını | B3LYP | B3PW91 |
| Bağ uzunlukları(Å) | | | |
| N1-C1 | 1.332 | 1.348 | 1.345 |

| | | | |
|---------|-------|-------|-------|
| N1-N2 | 1.341 | 1.354 | 1.345 |
| N1-C2 | 1.459 | 1.455 | 1.449 |
| N2-N3 | 1.294 | 1.289 | 1.286 |
| N3-N4 | 1.360 | 1.359 | 1.351 |
| N4-C1 | 1.308 | 1.313 | 1.312 |
| C2-C2' | 1.521 | 1.536 | 1.531 |
| C2'-N1' | 1.459 | 1.455 | 1.449 |
| N1'-C1' | 1.332 | 1.348 | 1.345 |
| C1'-N4' | 1.308 | 1.313 | 1.312 |
| N4'-N3' | 1.360 | 1.359 | 1.351 |
| N3'-N2' | 1.294 | 1.289 | 1.286 |
| N2'-N1' | 1.341 | 1.354 | 1.345 |

Bağ Açılırları (°)

| | | | |
|-------------|-------|-------|-------|
| C1-N1-N2 | 108.4 | 107.6 | 107.7 |
| C1-N1-C2 | 130.2 | 131.4 | 131.4 |
| N2-N1-C2 | 121.4 | 121.0 | 120.9 |
| N3-N2-N1 | 106.2 | 106.6 | 106.6 |
| N2-N3-N4 | 110.8 | 111.1 | 111.2 |
| C1-N4-N3 | 105.4 | 105.7 | 105.7 |
| N4-C1-N1 | 109.2 | 108.9 | 108.7 |
| N1-C2-C2' | 109.9 | 110.5 | 110.4 |
| C2-C2'-N1' | 109.9 | 110.5 | 110.4 |
| C2'-N1'-C1' | 130.2 | 131.4 | 131.4 |
| C2'-N1'-N2' | 121.4 | 121.0 | 120.9 |
| N1'-C1'-N4' | 109.2 | 108.9 | 108.7 |
| C1'-N4'-N3' | 105.4 | 105.7 | 105.7 |
| N4'-N3'-N2' | 110.8 | 111.1 | 111.2 |
| N3'-N2'-N1' | 106.2 | 106.6 | 106.6 |

1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülünün karakteristik olan bazı bağ uzunluklarını kıyasladığımızda şu sonuçlarla karşılaşırız. N_1-N_2 için gözlenen bağ uzunluğu 1.341 Å iken bu değer B3LYP metodunda 1.354 Å, B3PW91 metodunda 1.345 Å olduğu görüldü. N_4-C_1 için gözlenen bağ uzunluğu 1.308 Å iken bu değer B3LYP metodunda 1.313Å, B3PW91 metodunda 1.312 Å olduğu görüldü. Deneysel olarak C_2-C_2' için gözlenen bağ uzunluğu 1.521 Å iken bu değer B3LYP metodunda 1.536 Å, B3PW91 metodunda 1.531 Å olduğu görüldü. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülünün Tablo 1 den alınan deneysel ve teorik verileri karşılaştırmak amacıyla, bağ uzunlukları (Å) ve bağ açıları ($^\circ$) için lineer regresyon analizinden lineer korelasyon katsayıları (R^2) Şekil 2 deki gibi elde edilmiştir.



Şekil 2. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etanmolekülünün bağ uzunlukları ve bağ açıları korelasyon grafikleri.

Korelasyon sonuçlarımıza göre; deneysel değerlerin B3LYP metodu ile bağ uzunluğu için 0.986 bağ açısı için ise 0.9963 uyumlu olduğu görülmüştür. B3PW91 metodu ile deneysel değerlerin bağ uzunluğu için 0.984 bağ açısı için ise 0.9958 uyumlu olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar bize yapılan teorik hesaplamaların deneysel değerler ile oldukça uyumlu olduğunu göstermektedir.

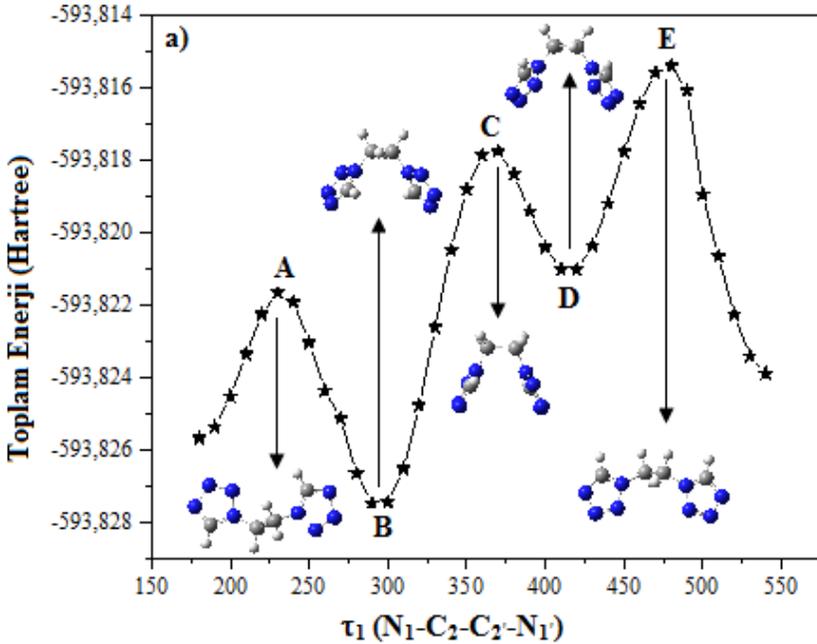
3. KONFORMASYONEL ANALİZ

Konformasyonel analiz, moleküllerin konformasyonlarını ve bunların molekülün özellikleri üzerine etkisini inceler. Bir molekülün fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, genellikle üç boyutlu yapısına yani konformasyonuna bağlıdır. Konformasyon, molekülün tek bağlar etrafında dönmesiyle atomların birbirine göre mesafeleri ve açılarının değişmesidir. Molekülün bir konformerinin enerjisi yalnızca bağlanma terimlerinden gelen bağ uzunluklarının bir fonksiyonu olmayıp, aynı

zamanda bağ açılarını, dihedral açı burulumunu ve elektrostatik etkileşim sterik etkileri de içerir.

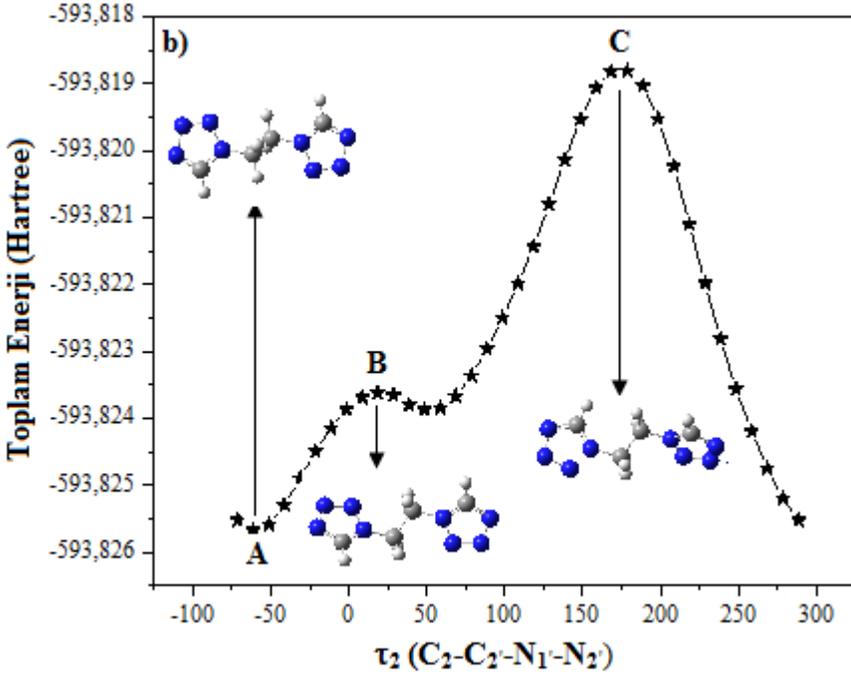
Konformasyonel analiznin amacı, molekülün özelliklerini belirleyen ve enerjinin minimum olduğu konformasyonların bulunmasıdır. Ancak bir molekül birçok konformasyona sahip olabilir ve hepsinin bulunması zor bir işlem gerektirebilir. Bir enerji yüzeyinde, bulunamayacak kadar çok minimum olduğunda, molekülün doğada bulunan konformasyonu minimum enerjili konformasyon olarak kabul edilir. Buna global minimum enerji konformasyonu denir (Gareth A., 2001).

Molekülün en kararlı yapısının elde edilebilmesi için, mümkün olan bütün konformasyonların hesaplanması gerekir. Böylece bütün olası minimumlar belirlenerek global minimuma ulaşılır. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etanmolekülünün konformasyonlarını elde etmek için, önce molekülün iskelet yapısındaki torsiyon açısı tespit edildi (τ_1 ve τ_2) ve bu torsiyon açıları için B3LYP/6-311G(d,p) yöntemi ile 10° aralıklarla $0-360^\circ$ potansiyel enerji yüzey taraması (PES) yapıldı. Seçilen torsiyon açısı τ_1 ($N_1-C_2-C_2-N_1$) ve τ_2 ($C_2-C_2-N_1-N_2$) dir ve bir boyutlu potansiyel enerji yüzey taraması Şekil 3 de gösterildi.



Şekil 3a. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etanmolekülünün B3LYP/6-311G yöntemi kullanılarak hesaplanan dihedral açılarının (τ_1) en yüksek ve en

düşük enerji konformasyonlarının bir boyutlu potansiyel enerji yüzey taraması (PES Scan).



Şekil 3b. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etanmolekülünün B3LYP/6-311G yöntemi kullanılarak hesaplanan dihedral açılarının (τ_2) en yüksek ve en düşük enerji konformasyonlarının bir boyutlu potansiyel enerji yüzey taraması (PES Scan).

1,2-bis(tetrazol-1-yl)etanmolekülünün seçilen torsiyon açısı (τ_1) için yapılan potansiyel enerji yüzeyi (PES) taraması ile minimum ve maksimum enerji profilleri 150° ile 550° arasında Şekil 3a da belirlendi ve minimum enerji değerleri, -290° , 420° ve maksimum enerji değerleri, 230° , 270° , 480° olarak bulundu. τ_2 için yapılan potansiyel enerji yüzeyi (PES) taraması ile minimum ve maksimum enerji profilleri -100° ile 300° arasında Şekil 3b de belirlendi ve minimum enerji değerleri, -61° , 49° ve maksimum enerji değerleri, 19° , 179° olarak bulundu.

4. TİTREŞİM (İNFRARED) SPEKTRUM ANALİZİ

Hesaplanan dalga sayılarının işaretlenmesi B3LYP ve B3PW91 metodu ile 6-311++G(d,p) baz seti kullanılarak $4000-400\text{ cm}^{-1}$ orta IR bölgesinde gaz fazında hesaplandı. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülünün yapısı için (3N-6) titreşim hareket serbestliğine karşılık çok sayıda titreşim frekansı elde edilmiştir. Deneysel ve teorik titreşim dalga sayısı (cm^{-1}) ve işaretlemeleri aşağıdaki Tablo 2 de listelendi.

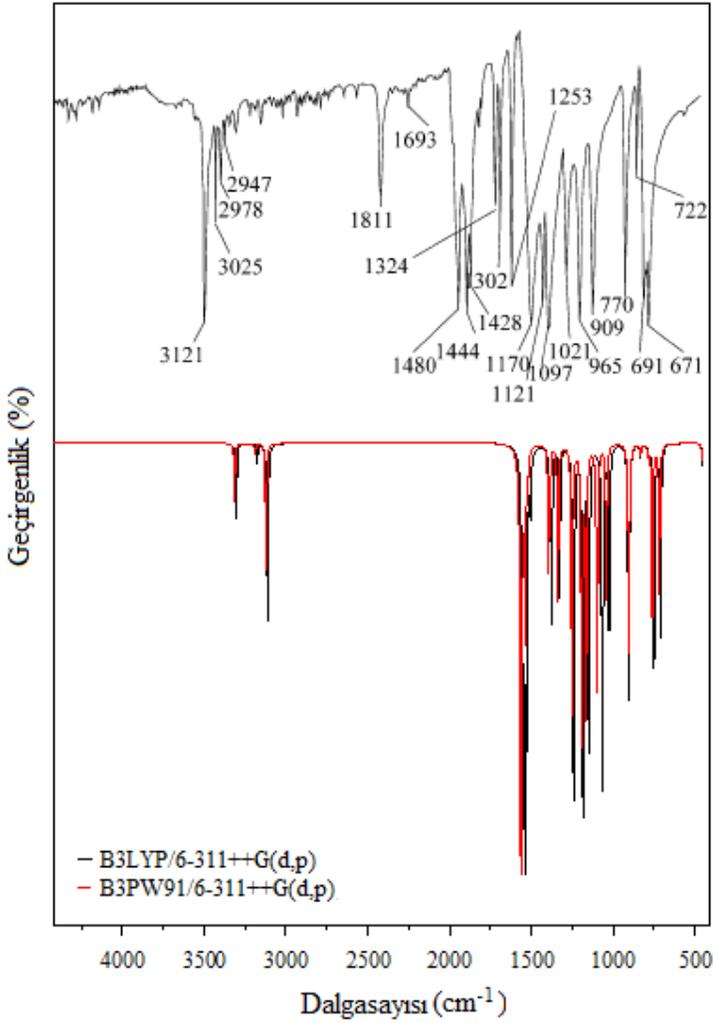
Tablo 2. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülünün deneysel ve teorik titreşim (IR) dalgasayıları ve işaretlemeleri.

| | Deneysel | | Teorik | |
|---|----------|-------|--------|--|
| | IR | B3LYP | B3PW91 | |
| $\nu(\text{C-H})$ | 3121 | 3274 | 3284 | |
| $\nu_s(\text{CH}_2)$ | 3025 | 3081 | 3090 | |
| $\rho(\text{C-H}), \delta(\text{CH}_2)$ | 1693 | 1510 | 1520 | |
| $\rho(\text{C-H}), \delta(\text{CH}_2)$ | 1480 | 1491 | 1494 | |
| $\nu(\text{C-N}), \delta(\text{CH}_2)$ | 1444 | 1462 | 1475 | |
| $\nu(\text{N-N}), \gamma(\text{CH}_2)$ | 1428 | 1345 | 1351 | |
| $\gamma(\text{CH}_2)$ | 1324 | 1331 | 1338 | |
| $\gamma(\text{CH}_2)$ | 1302 | 1283 | 1293 | |
| $\rho(\text{C-H})$ | 1170 | 1196 | 1206 | |
| $\rho(\text{C-H})$ | 1121 | 1139 | 1146 | |
| $\tau(\text{N-C})$ halka | 1097 | 1103 | 1120 | |
| $\nu(\text{N-N})$ | 1021 | 1019 | 1052 | |
| $\rho(\text{C-H})$ | 965 | 978 | 995 | |
| $\gamma(\text{C-H})$ | 909 | 857 | 857 | |
| $\rho(\text{CH}_2)$ | 770 | 785 | 783 | |
| $\gamma(\text{N-N})$ | 722 | 731 | 738 | |
| $\nu(\text{N-C})$ | 691 | 701 | 711 | |
| $\gamma(\text{N=C-N})$ | 671 | 662 | 668 | |

Kısaltmalar: ν , gerilme; a, simetrik olmayan; s, simetrik; δ , bükme; ρ , sallanma; γ , düzlem dışı bükme; τ , burulma.

C-Hgerilme titreşim bandı deneysel olarak 3121 cm^{-1} aralığında gözlemlenirken teorik olarak B3LYP metodunda 3274 cm^{-1} B3PW91 metodunda 3284 cm^{-1} olarak hesaplandı. CH_2 simetrik gerilme titreşim bandı deneysel olarak 3025 cm^{-1} aralığında gözlemlenirken B3LYP metodunda 3081 cm^{-1} , B3PW91 metodunda 3090 cm^{-1} olarak hesaplandı. B3LYP ve B3PW91 ile hesaplanan frekanslar karşılaştırıldığında

neredeşye tüm frekansların birbirleriyle uyumlu olduğu görüldü. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülünün hesaplanan titreşim spektrumları Şekil 4 de gösterildi.



Şekil 4. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etanmolekülünün a) deneşyel ve b) teorik IR spektrumları.

5. ^{13}C VE ^1H KİMYASAL KAYMALARI

NMR kimyasal kaymalar üzerine yapılan deneşyel ölçümler ve teorik hesaplamalar molekül yapı ilişkileri için önemli rol oynar. Aynı zamanda teoriksel tanımla molekül yapı ve elektronik özellikler arasındaki ilişkiyi anlamak için oldukça kullanışlıdır. Bütün organik bileşiklerin analizinde ^1H NMR ve ^{13}C NMR spektroskopileri çok

kullanılır ve kırmızı ötesi spektroskopisi ile beraber organik yapı analizlerinde en önemli yöntemlerdir.

1,2-bis(tetrazol-1-yl)etanmolekülünün ^{13}C ve ^1H NMR kimyasal kayma hesaplamaları için kararlı moleküler geometrik yapılar elde edilmiştir. Bu yapılarda, NMR kimyasal kayma hesaplamaları, GIAO yaklaşımı ile B3LYP ve B3PW91 metotlarında 6-311++G(d,p) temel seti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ^1H ve ^{13}C NMR kimyasal kayma sonuçları teorik ve deneysel (Schweifer J., vd., 2002) verilerle Tablo 3 de karşılaştırıldı.

Tablo 3.1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülünün deneysel ve teorik (6-311++G(d,p) temel seti ile) ^{13}C and ^1H isotropik NMR kimyasal kaymaları (TMS ye göre, tüm değerler ppm olarak verildi).

| | Deneysel | Teorik | |
|-----------------------------------|----------|--------|--------|
| | | B3LYP | B3PW91 |
| ^1H | | | |
| H _{C1} | 9.32 | 9.25 | 9.38 |
| H _{C1'} | 9.32 | 9.25 | 9.38 |
| H _{C2} | 5.04 | 5.56 | 5.66 |
| H _{C2} | 5.04 | 5.56 | 5.66 |
| H _{C2'} | 5.04 | 5.16 | 5.26 |
| H _{C2'} | 5.04 | 5.16 | 5.26 |
| ^{13}C | | | |
| C ₁ | 144.2 | 163.52 | 159.36 |
| C _{1'} | 144.2 | 163.52 | 159.36 |
| C ₂ | 46.6 | 56.07 | 52.05 |
| C _{2'} | 46.6 | 56.07 | 52.05 |

Hesaplanan ^1H NMR kimyasal kayma değerleri ~9.25-5.16 ppm ve ~9.38-5.26 ppm aralığında iken deneysel değerler ~9.32-5.04 ppm aralığındadır. Hesaplanan ^{13}C NMR kimyasal kayma değerleri ~163.52-56.07 ppm ve ~159.36-52.05 ppm aralığında iken deneysel değerler ~144.2-46.6 ppm aralığındadır. Hesaplanan teorik sonuçlar ile deneysel

değerler oldukça uyumludur ve bu sonuçlar ve diğer tüm sonuçlar Tablo 3 de listelenmektedir.

6. ELEKTRONİK ÖZELLİKLERİ

Orbitallerin birçok kimyasal reaksiyonunun yönetilmesinde ve katıların elektronik band aralıklarının saptanmasında baskın rol oynayan; ayrıca birçok yük transfer komplekslerinin oluşumundan sorumlu olan kuantum kimyasal tanımlarda 1977 de Klopman ve Evans ve 1996 da Karelson ve diğerlerinin belirttiği gibi (Avcı, D., 2011), HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital-en yüksek dolu moleküler orbital) ve LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital-en düşük boş moleküler orbital) enerjileri çok yaygındır. Orbitaller birçok kimyasal reaksiyonunun yönetilmesinde ve katıların elektronik band aralıklarının saptanmasında baskın rol oynarlar. HOMO ve LUMO enerji değerleri kullanılarak, gaz fazında molekülden bir elektronu uzaklaştırmak için gerekli olan minimum enerji olan iyonizasyon potansiyelini ($I = -E_{HOMO}$), gaz fazında moleküle bir elektron eklendiği zaman yükselen enerji miktarı olarak tanımlanan elektron ilgisini ($A = -E_{LUMO}$), moleküldeki bir atomun elektronları çekme gücünü ifade eden elektronegatiflik ($\chi = \frac{I + A}{2}$) değerini ve molekül içerisindeki yük transferinin engellenmesinin bir ölçüsü olan kimyasal sertlik ($\eta = \frac{I - A}{2}$) ile

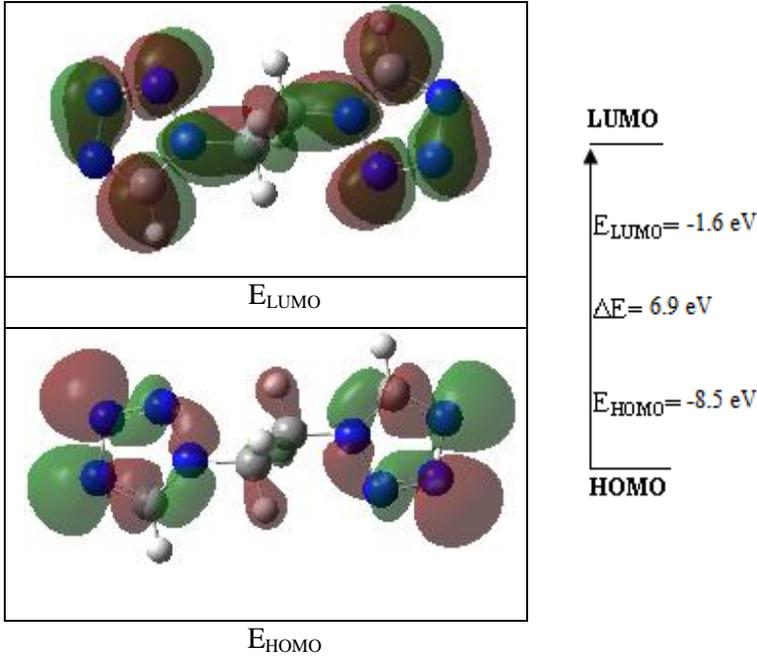
kimyasal yumuşaklık ($S = \frac{1}{2\eta}$) kavramlarını hesaplayabiliriz (Pir, H., 2012). HOMO ve LUMO enerji değerlerinden bu formülleri kullanılarak belirlenen verilerimiz Tablo 4 de listelendi.

Tablo 4. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)ethanemolekülünün teorik elektronik yapı parametreleri.

| | B3LYP | B3PW91 |
|---------------------------------------|--------|--------|
| E_{HOMO} (eV) | -8.526 | -8.477 |
| E_{LUMO} (eV) | -1.618 | -1.545 |
| $\Delta E = E_{LUMO} - E_{HOMO}$ (eV) | 6.908 | 6.932 |
| I (eV) | 8.526 | 8.477 |
| A (eV) | 1.618 | 1.545 |
| χ (eV) | 5.072 | 5.011 |

| | | |
|-----------------------|---------|---------|
| η (eV) | 3.454 | 3.466 |
| S (eV ⁻¹) | 0.059 | 0.059 |
| E_{TOTAL} (a.u) | -594.09 | -593.86 |

HOMO ve LUMO dağılımlarının gösterimi Şekil 5 de verildi. Şekil 3 de 1,2-bis(tetrazol-1-yl)ethanemolekülü için B3LYP/6-31++G(d,p) metodu ile hesaplanan HOMO ve LUMO enerjileri görülmektedir. İncelenen moleküllerin HOMO-LUMO orbitallerinin çizimleri incelendiğinde, bu çalışmayı ve daha önce yapılan deneysel çalışmaları doğrulayan bir sonuç çıkmaktadır. Elektrostatik potansiyel çizimine göre yeşil-kırmızı doğrultusunda elektron yoğunluğu artar. Yani, çizimlerde kırmızı ile gösterilen noktalar elektronca zengindir. Ayrıca HOMO orbitallerinin konumu da etkinlik için bir göstergedir. Tepkimeler HOMO ve LUMO orbitalleriyle gerçekleştiğinden, HOMO-LUMO orbitallerinin konumlandığı atomlar tepkime verme eğilimindedir.



Şekil 5. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülünün B3LYP/6-311G++(d,p) metoduyla elde edilen HOMO ve LUMO gösterimleri.

7. LİNEER OLMAYAN OPTİK (NLO) ÖZELLİKLERİ

Moleküllerin optik özellikleri kutuplanabilirlik ile belirlenir. Bir atom veya molekülün kutuplanabilirliği, çekirdek ve elektronların kararlı durumlarından ne kadar kolayca yer değiştirebildiklerinin bir ölçüsüdür. Bir atom veya molekülde kolaylıkla yer değiştiren elektronlar çekirdekten en uzakta olan valans elektronlarıdır. Bu nedenle valans elektronlarının kutuplanabilirliğe çok büyük katkısı vardır (Prasad, P., 1991; Chemla, D.S., 1987). Bir molekülün yüksek mertebeli kutuplanabilirliği, molekülün dipol momentinin uygulanan bir dış elektrik alanına karşı gösterdiği doğrusal olmayan tepkinin bir ölçüsüdür. Yüksek mertebeli kutuplanabilirlik, genellikle moleküller üzerinde farklı elektron sağlayıcı ve çekici grupların bağlanmasıyla oluşturulmuş π -sistemli yapılarda. π -elektron yoğunluğunun moleküler yapı üzerindeki yerel yük dağılımını bozması sonucunda oluşturulmuş lineer olmayan optiksel bir davranıştır. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülü için B3LYP/6-311++G(d,p) ve B3PW91/6-311++G(d,p) metodları kullanarak kutuplanabilirlik ($\langle\alpha\rangle$), yönelime bağlı kutuplanabilirlik ($\Delta\alpha$), temel durumda yüksek mertebeli kutuplanabilirlik ($\langle\beta\rangle$) ve uyarılmış durumda yüksek mertebeli kutuplanabilirlik ($\langle\gamma\rangle$) değerleri hesaplandı. Hesaplamalardaki kutuplanabilirlik değerleri 14.584×10^{-24} esu ve taban durumda yüksek mertebeli kutuplanabilirlik değerleri 0.010704×10^{-33} esu birim çevirme çarpanları ile çarpılarak Tablo 5 de listelendi ($1 \text{ a.u.} = 0.14829 \times 10^{-24}$ esu ve $1 \text{ a.u.} = 8.63939 \times 10^{-33}$ esu).

Tablo 5. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülü için kutuplanabilirlik ($\langle\alpha\rangle$), yönelime bağlı kutuplanabilirlik ($\Delta\alpha$) ve yüksek mertebeli kutuplanabilirlik ($\langle\beta\rangle$) değerleri.

| Parametreler | B3LYP | B3PW91 |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| α_{xx} | 133.342 | 131.376 |
| α_{yy} | 97.032 | 95.660 |
| α_{zz} | 64.848 | 63.799 |
| $\langle\alpha\rangle$ | 98.408 | 96.945 |
| $\langle\alpha\rangle$ | 14.584×10^{-24} | 14.367×10^{-24} |
| $\Delta\alpha$ | 59.354 | 58.555 |
| $\Delta\alpha$ | 512.773×10^{-24} | 505.876×10^{-24} |
| β_{xxx} | -0.0000917 | 0.001399 |
| β_{xyy} | 0.0000303 | 0.0000918 |
| β_{xzz} | 0.0001325 | -0.0000258 |
| β_{yyy} | 0.0000322 | -0.0000124 |

| | | |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| β_{xxy} | -0.0000917 | -0.0001494 |
| β_{yyz} | -0.000014 | 0.0001226 |
| β_{zzz} | 0.0006321 | 0.0005635 |
| β_{xxz} | 0.0005978 | 0.0001345 |
| β_{yyz} | 0.0000048 | -0.0000438 |
| $\langle\beta\rangle$ | 0.001239 | 0.001605 |
| $\langle\beta\rangle$ | 0.010704×10^{-33} | 0.013866×10^{-33} |

8. MULLİKEN, APT VE NBO YÜK ANALİZLERİ

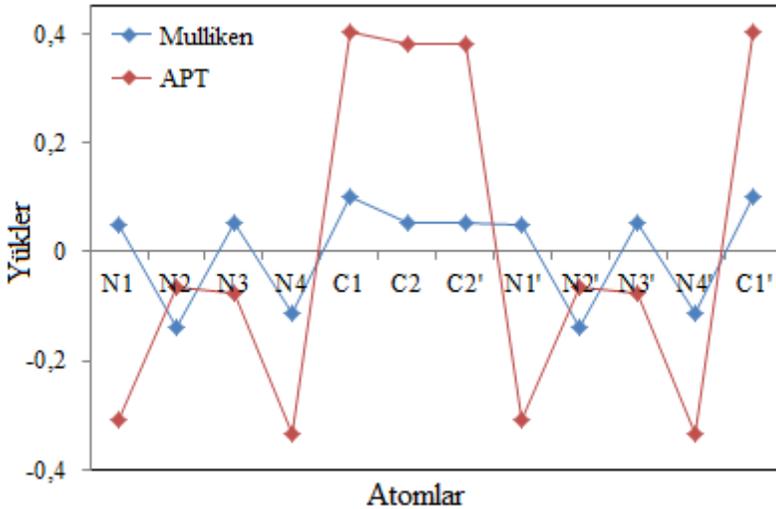
Mulliken yükleri, mulliken popülasyon analizleri yapılarak bulunan en eski ve en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Yaygın olarak kullanılmasında birçok programda bulunması etkin bir faktördür. Kısmi atom yüklerinin hesaplanmasıyla mulliken yükleri elde edilir. Bu metot atomik orbitallerin lineer kombinasyonu ile moleküler orbitallerin elde edilmesi yöntemine dayanır. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülünün moleküller arası etkileşimlerini daha iyi anlayabilmek için moleküllerin atomik yüklerini B3LYP/6-311++G(d,p) ve B3PW91/6-311++G(d,p) metodları ile hesaplanıp Tablo 6 de listelendi.

Tablo 6. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülünün teorik Mulliken, APT ve NBO yük dağılımları.

| Atom | B3LYP | | B3PW91 | |
|------|----------|---------|----------|---------|
| | Mulliken | APT | Mulliken | APT |
| N1 | 0.0489 | -0.3071 | 0.1241 | -0.2898 |
| N2 | -0.1373 | -0.0649 | -0.1254 | -0.0712 |
| N3 | 0.0510 | -0.0754 | 0.0628 | -0.0767 |
| N4 | -0.1146 | -0.3359 | -0.0972 | -0.3320 |
| C1 | 0.0987 | 0.4020 | 0.0534 | 0.3962 |
| C2 | 0.0533 | 0.3813 | -0.0178 | 0.3735 |
| C2' | 0.0533 | 0.3813 | -0.0178 | 0.3735 |
| N1' | 0.0489 | -0.3071 | 0.1241 | -0.2898 |
| N2' | -0.1373 | -0.0649 | -0.1254 | -0.0712 |

| | | | | |
|-----|---------|---------|---------|---------|
| N3' | 0.0510 | -0.0754 | 0.0628 | -0.0767 |
| N4' | -0.1146 | -0.3359 | -0.0972 | -0.3320 |
| C1' | 0.0987 | 0.4020 | 0.0534 | 0.3962 |

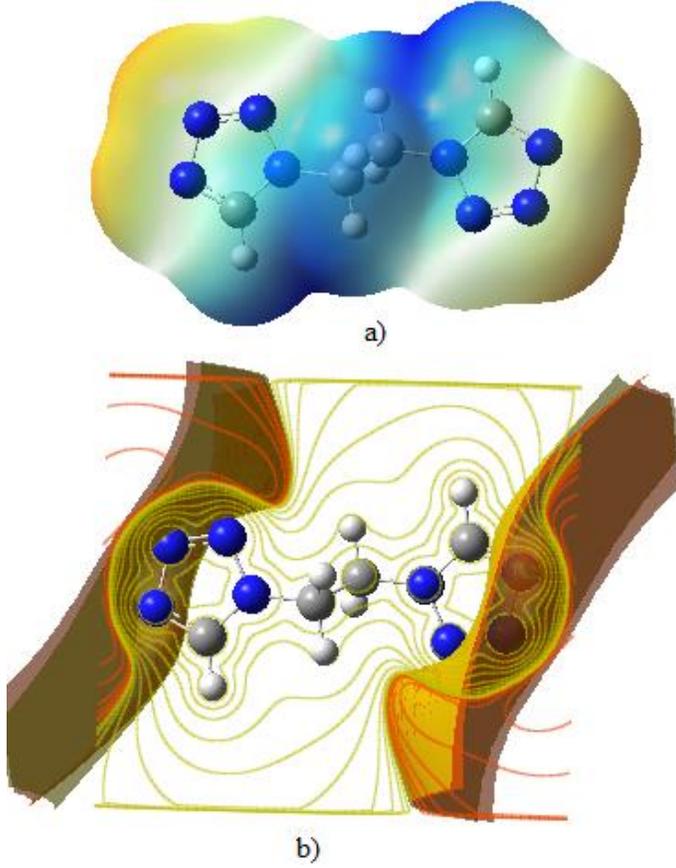
Mulliken ve APT yüklerine bakacak olursak negatif yükler elektronegativitesi en yüksek olan N atomları üzerinde toplanmıştır. Tablo 6 da Mulliken yük dağılımlarından görüldüğü gibi N₂ atomunun negatif yükü yaklaşık olarak B3LYP metodu için -0.1373 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, diğer azot atomlarının negatif yüklerinden daha küçüktür ve molekül içi hidrojen bağında verici olarak bulunur. Mulliken ve atomik polar tensör (APT) yük analizleri daha iyi anlaşılсын diye Şekil 6 da çizildi.



Şekil 6. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülünün B3LYP/6-311G(d,p) metodu ile hesaplanan Mulliken ve APT yük dağılımlarının gösterimi.

9. MOLEKÜLER ELEKTROSTATİK POTANSİYEL YÜZEYLER (MEPs)

Molekülün tümünde elektron yoğunluğu düzgün bir dağılım göstermektedir. MEP haritasında ortaya çıkan yüzey, aynı zamanda moleküler büyüklük, şekil ve elektrostatik potansiyel değerini göstermektedir. MEP haritasında nötral molekülde elektronca zengin bölge kırmızı ve elektronca fakir bölge mavi renkli olarak görülmektedir. Her zaman olduğu gibi, kırmızı bölgeler en negatif potansiyelleri ve elektronca en zengin bölgeleri belirtir. Bu çalışmada moleküler elektrostatik potansiyel ve kontor elektron spin yüzey haritaları hesaplandı. B3LYP/6-311G(d,p) metodu ile optimize olan yapılarının 3 boyutlu MEP ve kontor ESP yüzey haritaları Şekil 7 da gösterildi.



Şekil 7. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülünün B3LYP/6-311++G(d,p) seviyesinde hesaplanan a) MEP b) kontor ESP yüzey haritaları.

10. TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Termodinamik parametreler B3LYP /6-311++G(d,p) ve B3PW91/6-311++G(d,p) metotları kullanarak hesaplandı ve Tablo 7 de listelendi.

Tablo 7. 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etanmolekülünün hesaplanan Termodinamik parametreleri.

| Parametreler | B3LYP | B3PW91 |
|-----------------------------|--------|--------|
| Termal enerji: E (Kcal/mol) | | |
| Dönme | 0.889 | 0.889 |
| Ötelenme | 0.889 | 0.889 |
| Titreşim | 86.400 | 86.942 |
| Toplam | 88.177 | 88.719 |

| | | |
|--|----------|----------|
| Isı sığası: C_v (cal/molK) | | |
| Dönme | 2.981 | 2.981 |
| Ötelenme | 2.981 | 2.981 |
| Titreşim | 27.684 | 27.376 |
| Toplam | 33.646 | 33.338 |
| Entropi: S (cal/molK) | | |
| Dönme | 30.652 | 30.626 |
| Ötelenme | 41.230 | 41.230 |
| Titreşim | 30.298 | 30.049 |
| Toplam | 102.180 | 101.905 |
| Dönme sabitleri (GHz) | | |
| A | 4.21761 | 4.25350 |
| B | 0.39119 | 0.39476 |
| C | 0.36704 | 0.37025 |
| Dönme sıcaklıkları (Kelvin) | | |
| A | 0.20241 | 0.20414 |
| B | 0.01877 | 0.01895 |
| C | 0.01762 | 0.01777 |
| Termal özellikler (Hartree/parçacık) | | |
| Sıfır nokta düzeltmesi | 0.130906 | 0.131828 |
| Enerji için termal düzeltme | 0.140520 | 0.141383 |
| Entalpi için termal düzeltme | 0.141464 | 0.142327 |
| Gibbs serbest enerjisi için termal düzeltme | 0.092915 | 0.093909 |
| Elektronik ve sıfır nokta enerjiler toplamı | -593.958 | -593.727 |
| Elektronik ve termal enerjiler toplamı | -593.949 | -593.717 |
| Elektronik ve termal entalpiler toplamı | -593.948 | -593.716 |
| Elektronik ve termal serbest enerjiler toplamı | -593.996 | -593.764 |
| Sıfır nokta titreşim enerjisi (kcal/mol) | 82.14485 | 82.72334 |

11. SONUÇLAR

Bu çalışmada, 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülünün yapısal, spektroskopik, elektrik ve elektronik özelliklerini açıklamak için Gaussian programı yardımı ile kuantum kimyasal hesaplamalar yapıldı. Hesaplanan HOMO ve LUMO enerjileri yük transferinin 1,2-bis(tetrazol-1-yl)etan molekülümüz içinde gerçekleştiğini gösterir. Hesaplanan tüm veri ve simülasyonlar, sadece molekülün karakterizasyon yolunu göstermekle kalmaz. Fizik, malzeme bilimi, kimya ve biyoloji alanlarındaki temel araştırmalara da yardımcı olur.

XXVII. 12. KAYNAKLAR

- 1) *Avcı, D., Basoğlu, A., Atalay, Y., 2011, "Effects of different basis sets and donor- acceptor groups on linear and second- order nonlinear*

optical properties and molecular frontier orbital energies”, *Int. J. Quantum Chem.*, 111, 130.

XXVIII. BECKE, A. D., 1993. DENSITY- FUNCTIONAL THERMOCHEMISTRY. III. THE ROLE OF EXACT EXCHANGE. *J. CHEM. PHYS.*, 98, 5648.

Chemla, D.S., Zyss, J., (1987), “Nonlinear Optical Properties of Organic Molecules and Crystals”, Academic Press, New York.

Dennington R., Keith T., Millam J., (2009), GaussView.

XXIX.FRISCH, M.J., TRUCKS, G.W., SCHLEGEL, H.B., SCUSERIA, G.E., ROBB, M.A., CHEESEMAN, J.R., SCALMANI, G., BARONE, V., MENNUCCI, B., PETERSSON, G.A., NAKATSUJI, H., CARICATO, M., LI, X., HRATCHIAN, H.P., IZMAYLOV, A.F., BLOINO, J., ZHENG, G., SONNENBERG, J.L., HADA, M., EHARA, M., TOYOTA, K., FUKUDA, R., HASEGAWA, J., ISHIDA, M., NAKAJIMA, T., HONDA, Y., KITAO, O., NAKAI, H., VREVEN, T., MONTGOMERY, J.A, JR., PERALTA, J.E., OGLIARO, F., BEARPARK, M., HEYD, J.J., BROTHERS, E., KUDIN, K.N., STAROVEROV, V.N., KOBAYASHI, R., NORMAND, J., RAGHAVACHARI, K., RENDELL, A., BURANT, J. C., IYENGAR, S.S., TOMASI, J., COSSI, M., REGA, N., MILLAM, J. M., KLENE, M., KNOX, J.E., CROSS, J. B., BAKKEN, V., ADAMO, C., JARAMILLO, J., GOMPERTS, R., STRATMANN, R.E., YAZYEV, O., AUSTIN, A. J., CAMMI, R., POMELLI, C., OCHTERSKI, J.W., MARTIN, R.L., MOROKUMA, K., ZAKRZEWSKI, V.G., VOTH, G.A., SALVADOR, P., DANNENBERG, J.J., DAPPRICH, S., DANIELS, A.D., FARKAS, O., FORESMAN, J. B., ORTIZ, J.V., CIOSLOWSKI, J. VE FOX D.J., 2009. GAUSSIAN 09, REVISION A.1, GAUSSIAN, INC., WALLINGFORD CT.

Gareth A. Cromie, John C. Connelly and David R. F. Leach, 2001, “Recombination at double-strand breaks and DNA ends: conserved mechanisms from phage to humans”, *Molecular Cell*, December, 8, 1163-1174.

XXX. LEE, C., YANG, W. VE PARR R.G., 1988. DEVELOPMENT OF THE COLLE-SALVETTI CORRELATION-ENERGY FORMULA INTO A FUNCTIONAL OF THE ELECTRON DENSITY. *PHYS. REV. B*, 37, 785.

1) Pir, H., Günay, N., Avcı, D., Atalay, Y., 2012, “Molecular structure, vibrational spectra, NLO and NBO analysis of bis (8-oxy-1-methylquinolinium) hydroiodide”, *Spectrochim. Acta A* 96, 916.

Prasad, P., Williams, D.J., (1991), “Introduction to Nonlinear Optical Effects in Molecules and Polymers”, Wiley, New York.

Schweifer J., vd., (2002), "catena-[m-Tris(1,2-bis(tetrazol-1-yl)ethane-N4,N4')iron(II)] bis(tetrafluoroborate): synthesis, structure, spectroscopic and magnetic characterization of a chain-type coordination polymer spin-crossover compound", *Inorganica Chimica Acta* 339, 297-/306.

VIRIAL TEOREMİNE GÖRE EŞ EKSENLİ ALTERNATİF KÜRESEL EVRENLER MODELİ ÜZERİNE

Hasan ARSLAN*

1. Giriş

Virial teoremi kapalı sistemlerde potansiyel enerji ile kinetik enerji arasında bir ilişki verir [1, 2]. R.J.E. Clausius bir kap içerisindeki gazın potansiyel enerjisiyle kinetik enerjisi arasında bir ilişki (denklem) bulmaya çalıştı. 1870 yılında yirmi yıllık bir çalışma sonucunda bu ilişkiyi veren bir denklem buldu [2]. “virial” Latince’de kuvvet ya da enerji anlamına gelen “vis” kelimesinden gelir [1]. Klasik fizikte kinetik enerji potansiyel enerjinin eksi işaretli yarısı kadardır [3,4].

Virial teoreminin çıkarılışı Bölüm III’de verilmiştir [5-10]. Eş eksenli küresel evrenler modeli üzerine değerlendirmeler bölüm IV’te verilmiştir. Son bölümde tartışma ve sonuç kısmı verilmiştir.

Bu çalışma [10] nolu çalışmanın üzerine yapılan eklemeleri içerecek şekilde tasarlanmıştır.

2. Metod

Bu teorik bir çalışmadır. Önceki çalışmalar ve virial teoremi kullanılmıştır. Matematiksel yöntemler kullanılmıştır. Söz konusu modele yeni yorumlar eklenmiştir.

3. Virial Teoremi

Önceki çalışmalarda[3, 4] virial teoremi klasik fizikte aşağıdaki gibi sunulur:

$$G = \sum_i \vec{p}_i \cdot \vec{r}_i \quad (1)$$

G, momentum ile konum vektörünün skaler çarpımı olan bir büyüklüktür. Denklem (1)’in her iki tarafının türevini aldığımızda

$$\frac{dG}{dt} = \sum_i \left(\frac{d\vec{p}_i}{dt} \cdot \vec{r}_i + \vec{p}_i \cdot \frac{d\vec{r}_i}{dt} \right) \quad (2)$$

* Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Bingöl Üniversitesi, 12000 Bingöl, Türkiye.
Email: hasanarslan46@yahoo.com

elde ederiz. Denklem (2)'nin sağ tarafındaki ikinci terim [3, 4]

$$\sum_i \vec{p}_i \frac{d\vec{r}_i}{dt} = \sum_i (m\dot{\vec{r}}_i) \cdot \dot{\vec{r}}_i = m\dot{r}_i^2 = 2T$$

$$\text{ve } \sum_i \dot{\vec{p}}_i \cdot \vec{r}_i = \sum_i \vec{F}_i \cdot \vec{r}_i$$
(3)

olur, burada T sistemin kinetik enerjisidir. Eğer G verilen bir zaman aralığında periyodik ve sınırlanmış bir büyüklükse:

$$\frac{1}{\tau} \int_0^\tau \frac{dG}{dt} dt = \frac{1}{\tau} (G(\tau) - G(0)) \rightarrow 0.$$
(4)

olmalıdır. Denklem (2)'den,

$$\frac{1}{\tau} \int_0^\tau \frac{dG}{dt} dt = 2T + \sum_i \vec{F}_i \cdot \vec{r}_i$$
(5)

denklemini elde edilir. Denklem (4) ve (5)'ten,

$$2T = -\sum_i \vec{F}_i \cdot \vec{r}_i.$$
(6)

Denklem (6) klasik mekanikteki virial teoremidir.

$$F_i = -\frac{dV(r)}{dr_i}$$
(7)

yazılıp Denklem (6)'da yerine konulursa, $V(r)$ potansiyel enerji olmak üzere aşağıdaki ilişkiyle tanımlanan virial teoremi elde edilir;

$$2T = \sum_i r_i \cdot \vec{\nabla} V(r).$$
(8)

Kuantum mekaniksel virial teoremi için zamana bağımlı Schrödinger Denklemini kullanacağız;

$$i\hbar \frac{d\psi}{dt} = H\psi.$$
(9)

Problemi çözmek için bir A işlemcisini seçeceğiz. A işlemcisinin beklenen değerinin zamana göre türevi;

$$i\hbar \frac{d}{dt} \langle \psi | A | \psi \rangle = \langle \psi | [H, A] | \psi \rangle \quad (10)$$

olur. A işlemcisini $A = \vec{r} \cdot \vec{p}$ seçelim[5-10]. A 'nın zamandan bağımsız olduğunu kabul edersek Denklem (10) bazı hesaplamalardan sonra

$$\langle \psi | [H, A] | \psi \rangle = 0 \quad (11)$$

olur. Sonuç olarak kuantum mekaniksel virial teoremi

$$\begin{aligned} [H, A] &= \left[\frac{p^2}{2m} + V(r), \vec{r} \cdot \vec{p} \right] \\ &= i\hbar \vec{r} \cdot \vec{\nabla} V - \frac{i\hbar}{m} \vec{p}^2 \\ &= i\hbar \vec{r} \cdot \vec{\nabla} V - 2i\hbar T = 0 \end{aligned} \quad (12)$$

olarak elde edilir, burada T sistemin kinetik enerjisi ve V potansiyel enerjisidir. Böylece kuantum mekaniksel virial teoremini de klasik fizikteki gibi aşağıdaki gibi elde ederiz;

$$2\langle T \rangle = \langle \vec{r} \cdot \vec{\nabla} V \rangle. \quad (13)$$

Kinetik enerjii momentum işlemcisi p cinsinden

$$T = \frac{p^2}{2m} \quad (14)$$

eşitliğiyle tanımlarız, burada m üzerinde çalışılan parçacığın kütlesidir ve p işlemcisi

$$p = -i\hbar \nabla \quad (15)$$

olarak alınır. Denklem (13)'de $V = kr^n$ alırsak

$$\langle T \rangle = \frac{n}{2} \langle V(r) \rangle \quad (16)$$

elde ederiz. Denklem (16), $n = 0$ için teklikten dolayı geçerli değil ancak $n \neq 0$ için geçerlidir. Denklem (13), (14) ve (16)'dan aşağıdaki ilişkileri çıkarabiliriz [10]:

$$V(r) = \frac{p^2}{nm}. \quad (17)$$

$$E = T + V \quad (18)$$

$$T = \frac{1}{2} r \nabla V \quad (19)$$

$$\nabla V = \frac{\partial V}{\partial r} \quad (20)$$

$$V = 2T \ln r / r_0. \quad (21)$$

$$E = (1 + 2 \ln r / r_0) T \quad (22)$$

$$r = r_0 e^{\frac{(E-T)}{2T}}, \quad (23)$$

burada r_0 evrenin iki küresel üç boyutlu kabuk arasındaki mesafe ve r daha sonraki bir zamanda olan mesafedir. Virial teoremi üzerine daha fazla bilgi almak isteyenler [1- 29] nolu referanslara bakabilir.

4. Sonuçlar

Daha önce yapılan çalışmada[10] “Virial teoremine göre alternatif eş eksenli küresel kabuklu evrenler modeli” sunulmuştur. Bu çalışmada ise bu model üzerine ekler yapılmıştır.

İç içe geçmiş eş eksenli evrenler modelinde her evren Dünya'nın katmanlarına benzer şekilde dizilirler. Üç boyutlu küresel kabuklar, elektronun yörüngeleri gibi enerji seviyelerine göre dizilecek şekilde tasarlanmıştır.

En iç evrenin enerjisi Hubble sabiti H_0 cinsinden virial teoremi kullanılarak [10]

$$v = H_0 r \quad (24)$$

alınarak Denklem (22)'den

$$E = \frac{1}{2} m H_0^2 r^2 (1 + 2 \ln r / r_0) \quad (25)$$

olarak bulunmuştur. Küresel üç boyutlu kabuk yörüngesinin içten dışa doğru sıralama sayısı n sayısı ile tanımlansın. Bu durumda herhangi bir evrenin enerjisi, elektronların yörüngelerindeki enerji dizilişine benzer

olması gerekir, bundan dolayı herhangi bir evrenin enerjisi, en iç küresel evrenin enerjisi hesaplanırsa,

$$E_n = n^k E \quad (26)$$

denklemleri ile hesaplanır, burada k bir sabittir. Böylece en iç evrenden en dış evrene doğru gidildikçe yani n değeri arttıkça enerji sıklığı ve büyüklüğü aynı elektronların atomdaki dizilişleri gibi artar, evrenin sınırlandığı küresel üç boyutlu yörünge enerjisi de artar ve yeni bir evren için enerji büyüklüğü geçilmez bir duvar olarak işlem yaptığında bu duvar evrenlerin en son uzayabileceği nokta olur. Bu duvarla temas halinde olan en dış evren iç Büyük Patlama sonucu ivmelenen evrenin sıkıştırması sonucu sonsuz incelikte bir kabuk haline geldiği zaman dıştan içe doğru olan Büyük Patlama başlar.

Evrenlerin içindeki madde miktarı enerjisiyle bağlantılı bir yoğunlukta olacaktır. Evrenleri birbirinden ayıran küresel kabuğun enerji seviyesi bu madde yoğunluğuna bağlı olacaktır.

Bu kısım [10] nolu çalışmaya yapılan özgün katkıdır.

5. Tartışma ve Sonuç

Eğer eş eksenli küresel kabuklu alternatif evrenler modeli kapalı sistemlerse virial teoremine göre kinetik ve potansiyel enerji ilişkisinden yararlanılarak mekanik enerji yazılır. Bu evrenlerin üç boyutlu küresel kabuk yörüngeleri, elektronların iki boyutlu yörüngelerine benzer bir diziliş arz eder. Evrenler Dünya'nın katmanları gibi eş eksenli küresel kabuklu olacak şekilde dizilir. Bu çalışmada ve önceki çalışmada[10] sunulan model ileriki zamanlarda araştırmalarla test edilebilir.

Kaynaklar

- [1] Arslan, Hasan. 2013. "The Distances in the Stable Systems Due to the Virial Theorem." , Applied Mathematics .
- [2] G. W. Collins, 1978. *The virial theorem in stellar astrophysics*, (Tucson, Ariz., Pachart Publishing House, Astronomy and Astrophysics Series. Volume 7, 143 p. 1, 1978).
- [3] H. Goldstein, *Classical Mechanics* (Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, 1959).
- [4] S. T. Thornton, J. B. Marion, *Classical Dynamics of Particles and Systems*,(Thomson Learning, Belmont, 2004).

- [5] Arslan, Hasan. 2014. "The Dirac Equation According to the Virial Theorem for a Potential $V = kr^n$." *Advanced Studies in Theoretical Physics* 8.22 : 983-989.
- [6] Kuić, Domagoj. 2013. "Quantum mechanical virial theorem in systems with translational and rotational symmetry." *International journal of theoretical physics* 52.4 : 1221-1239.
- [7] Stokes, J. Dustan, et al. 2013. "The virial theorem in graphene and other Dirac materials." *Philosophical Magazine Letters* 93.12 : 672-679.
- [8] Arslan, Hasan, and Nihan Hulaguhanoglu. 2015. "The Wavefunctions and Energy Eigenvalues of the Schrodinger Equation for Different Potentials Due to the Virial Theorem." *Acta Physica Polonica A* 127.4 : 914-916.
- [9] Arslan, Hasan, and Mazlum Ferhat Arslan. 2016. "The Duffin-Kemmer- Petiau equation (DKP) wavefunctions solutions according to the virial theorem for a spinless boson particle interacting with a potential $V(r) = kr^n$." *Physics Essays* 29.1 : 10-13.
- [10] Arslan, Hasan. 2016. "An alternative model of the concentric spherical shell universes according to the virial theorem." *Physics Essays* 29.2 : 252-255.
- [11] A. Khelashvili, Y. Belal, M. B. Altaie. 2012. *Investigating the Gravitational Properties of Dark Matter*. (Diss. 2012).
- [12] Nadareishvili, T., and A. Khelashvili. 2009. "Generalization of Hypervirial and Feynman-Hellmann Theorems for Singular Potentials." arXiv preprint arXiv:0907.1824.
- [13] Gurtler, R., and David Hestenes. 2008. "Consistency in the formulation of the Dirac, Pauli, and Schroedinger theories." *Journal of Mathematical Physics* 16.3 : 573-584.
- [14] Wuk Namgung. "Virial Theorem, Feynman-Hellman Theorem, and Variational Method." *JKPS* 1998 32:647-650
- [15] Bahcall, John N. 1961. "Virial Theorem for Many-Electron Dirac Systems." *Physical Review* 124 : 923-924.
- [16] Ru-Zeng, Zhu, Wen Yu-Hua, and Qian Jin. 2002. "The virial theorem in refined Thomas-Fermi-Dirac theory for the interior of atoms in a solid." *Chinese Physics* 11.11 : 1193-1195.
- [17] Weislinger, Edmond, and Gabriel Olivier. 1974. "The classical and quantum mechanical virial theorem." *International Journal of Quantum Chemistry* 8.S8: 389-401.

- [18] Weislinger, Edmond, and Gabriel Olivier. 1975. "The virial theorem with boundary conditions applications to the harmonic oscillator and to sine- shaped potentials." *International Journal of Quantum Chemistry* 9.S9: 425-433.
- [19] Kalman, G., V. Canuto, and B. Datta. 1976. "Self-consistency condition and high-density virial theorem in relativistic many-particle systems." *Physical Review D* 13: 3493-3494.
- [20] Rosicky, F., and F. Mark. 1975. "The relativistic virial theorem by the elimination method and nonrelativistic approximations to this theorem." *Journal of Physics B: Atomic and Molecular Physics* 8.16: 2581.
- [21] Barshalom, A., and J. Oreg. 2009. "The relativistic virial theorem in plasma EOS calculations." *High Energy Density Physics* 5.3: 196-203.
- [22] Arslan, Hasan. 2013. "The Dirac Equation with the Scattered Electron Including Extra Potential Energy Comes from the Virial Theorem." *Journal of Modern Physics* 4.4.
- [23] Arslan, Hasan. 2011. "A Unified Equation of Interactions." *Open Journal of Microphysics* 1: 28.
- [24] Lucha, Wolfgang, and Franz F. Schöberl. 1990. "Relativistic virial theorem." *Physical review letters* 64.23: 2733-2735.
- [25] Shabaev, V. M. 2002. "Virial relations for the Dirac equation and their applications to calculations of H-like atoms." arXiv preprint physics/0211087.
- [26] Semay, Claude. 1993. "Virial theorem for two- body Dirac equation." *Journal of mathematical physics* 34.5: 1791-1793.
- [27] March, N. H. 1953. "The Virial Theorem for Dirac's Equation." *Physical Review* 92: 481-482.
- [28] Rose, M. E. and T. A. Welton. 1952. "The virial theorem for a Dirac particle." *Physical Review* 86.3: 432.
- [29] Balinsky, A. A., and W. D. Evans. 1998. "On the virial theorem for the relativistic operator of Brown and Ravenhall, and the absence of embedded eigenvalues." *Letters in Mathematical Physics* 44.3: 233-248.

METAL NANOPARTİKÜL SENTEZİNDEKİ SON GELİŞMELER

Selda DOĞAN ÇALHAN*

1. Giriş

Günümüz dünyasında stratejik öneme sahip olan nanoteknolojinin, yoğun bir şekilde üzerinde durduğu konu başlıklarından birisi de metal nanopartiküller, sentezi ve uygulamalarıdır. Metal nanopartiküller sahip oldukları ilgi çekici ve farklı optik, elektronik ve manyetik özelliklerinden dolayı birçok farklı alanda kendine uygulama alanı bulmuş yapılardır.

Sergiledikleri antikanserojen, anti bakteriyel ve antiviral etkilerinden dolayı tıp ve uygulamalarında, yüzey modifikasyonlarına olan yatkınlığı ilaç hedefleme ve taşınmasıyla eczacılıkta, gösterdikleri ilginç optik ve manyetik özellikleri nedeniyle malzeme bilimcileri tarafından yoğun şekilde çalışılmaktadır.

Metal nanopartikül sentezinde fiziksel ve /veya kimyasal birçok yöntem var olmasına rağmen özellikle kullanılan kimyasalların veya sentez sırasında ortaya çıkan atıkların toksik etkilerinin olması, çevre ve insan sağlığı için büyük risk taşımaktadır. Bu nedenle son yıllarda araştırmalar metal nanopartikül sentezinde kullanılabilir doğal kaynaklar ve yeşil sentez prosedürlerinin dizaynı üzerine yoğunlaşmıştır.

Özellikle de yoğun şekilde çalışılan ve toksik etkileri bilinen konvansiyonel çözücülere alternatif olabilecek yeni nesil çözücü arayışları yeşil kimya için son derece önemlidir. Bu noktada karşımıza çıkan alçak ötektik çözücüler, metal nanopartikül sentezinde kullanılabilir çevre dostu, biyoyumlu, kolay ve düşük maliyetle elde edilebilir çözücü sistemleridir.

Alçak ötektik çözücüler nanopartikül sentezinde sadece çözücü değil aynı zamanda modülatör görevinde de rol oynadığı bilinmektedir. Çalışılması ve araştırılması gereken bu konuda son derece az sayıda çalışmaya rastlanması yeni çalışmaların gerekliliğinin vurgulanması açısından son derece önemlidir.

2. Nanoteknoloji ve Tarihsel Süreç

Maddenin atomik ve moleküler seviyede kontrolüne olanak tanıyan nanoteknoloji terimi ilk defa 1974 yılında Tokyo Bilim Üniversitesi'nden Norio Taniguchi tarafından kullanılmıştır. Ancak bunun öncesinde

*(Dr. Öğr. Üyesi); Mersin Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye. E-mail:seldadgn@gmail.com

nanoteknoloji fikir olarak, Nobel ödüllü Feynman'ın 1959 da "There's Plenty of Room at the Bottom" (Aşağıda daha çok yer var) adlı konuşmasında ortaya çıkmıştır. Bu konuşmasında Feynman, nano yapıların ölçülebileceğinden ve yeni amaçlar doğrultusunda kullanılacak yeni cihazların varlığından bahsetmiştir ve yapmış olduğu bu konuşma nanobilim ve nanoteknolojinin başlangıcı olarak kabul edilmiştir. Nanoteknolojinin gelişmesinde “Yaratma Motorları” ve “Nanosistem” kitaplarıyla öncülük yapan diğer bir isimde Drexler dir (1). Tarihsel süreç içerisinde hızla yol alan nanoteknoloji günümüz dünyası için yeni bir bilgi ve sanayi devrimi niteliğindedir (2). Çoğu ülke stratejik öneme sahip nanoteknoloji ve ilgili alanlarla ilgili çok sayıda kuramsal ve uygulamalı çalışmalar yapmaya devam etmektedir.

3. Nano Ölçeğinde Meydana Gelen Değişiklikler

Latince nannus kelimesinden türemiş olan nano terimi metrenin milyarda biri kadar küçük olan materyaller ve sistemler için kullanılmaktadır. Birçok farklı disiplin tarafından araştırılan ve çok sayıda kuramsal ve uygulamalı çalışmanın (3-7) yapıldığı nanoteknolojinin tarihsel süreçte bu denli hızlı yol almasının sebebi, nanopartiküllerin sahip oldukları ilgi çekici ve farklı özellikleridir. Çünkü genel olarak nano yapılarında malzemenin fiziksel özellikleri kuantum mekaniğinin etkisine girer ve nano boyutta yapıya giren her atom nanomateryalin gösterdiği davranışları etkiler. Örneğin, nanoyapının iletkenliği, yapıya eklenen tek bir atomla değişebilmektedir. Bunun yanında silisyum yarı iletken davranış sergilerken, nano boyuttaki silisyum iletken gibi davranır. Benzer şekilde, bir soy metal olan altın, nano ölçeklerinde kimyasal olarak çok daha aktif davranabilmektedir (8).

4. Nanopartiküller ve Sınıflandırılması

Çok geniş bir skalada değerlendirilen nanopartiküller, Lewinski ve ark yaptıkları çalışmada (9)

1. Karbon nanoyapılar (fulleren, tek duvarlı karbon nanotüp, çok duvarlı karbon nanotüp vb)
2. Metal nanopartiküller (Altın, demir oksit nanopartikül vb)
3. Yarı iletken nanopartiküller (kuantum noktaları vb.) şeklinde sınıflandırılmaktadır.

4.1 Metal Nanopartiküller

Metal nanopartiküller, düşük erime noktası, geniş yüzey alanı, farklı optik ve manyetik özellikleri nedeniyle çeşitli endüstrilerde uygulamaları

olan ve son yıllardaki uygulamalarıyla da dikkat çeken nano yapılarıdır (10).

Metal nanopartiküller,

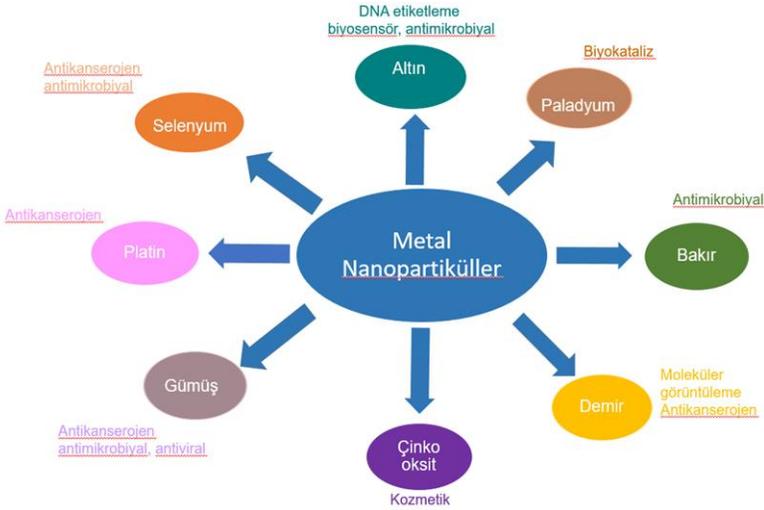
Elektrokimyasal prosesler ve hidrojen üretimi,

Elektronik cihazlar ve iletişim sistemleri,

Sensör, dedektör ve lazer,

Biyomedikal ve tıp görüntüleme teknolojileri

Malzeme kimyası gibi birçok farklı alanda uygulama potansiyeline sahiptir.



Şekil 1. Bazı metal nanopartiküller ve uygulama alanları

Sergiledikleri başta antimikrobityal, antiviral, antikanserojen özelliklerinden dolayı (Şekil 1) farklı alanda kendine yer bulan metal nanopartiküllerin sahip olduğu özellikler ilgi çekicidir (11).

Bunlar;

1. Yüksek yüzey alanı/hacim oranı
2. Nanoparçacık büyüklüğüne bağlı olarak değişen yüzey enerjisi ve erime noktası
3. Kimyasal reaktivite ve katalitik özelliklerindeki farklılık
4. Kolay yüzey modifikasyonu ile hedef organ ve dokulara seçici ilaç taşınması

Metal nanopartiküllerin sergiledikleri davranışlar partikül boyutu, şekilleri ve kompozisyonu gereği yapıya oluşturan metallerden farklıdır. Örneğin 20 nm boyutlarındaki altın nanopartiküller karakteristik şarap kırmızısı rengine sahipken, gümüş nanopartiküller sarımsı gri, platin ve palladyum nanopartikülleri ise siyahtır. Bu özellikleri nedeniyle MS 4. Yüzyıldan önce bile resim ve heykelerde kullanıldığına dair bilgiler mevcuttur. Bununla ilgili en önemli örneklerden bir de dikorik camdan üretilmiş, ışık açısıyla renk değiştiren Kral Lycurgus kupasıdır (Şekil 2). Cam analiz sonuçlarına göre, cam bileşiminde çok küçük miktarlarda 70 nm boyutlarında 14:1 oranında Ag ve Au metal kristalleri bulunmaktadır (12).



Şekil 2. Kral Lycurgus kupası (12)

MS 4. Yüzyıldan günümüze kadar geçen süre içinde metal nanopartikül uygulamaları giderek artmış, günümüzde endüstriyel üretim ürünü Au, Ag, Cu, Fe, Zn nanopartiküller üretilmektedir.

4.1.1 Altın nanopartiküller

Altın nanopartiküller özellikle ilaç hedefleme ve kontrollü salım sistemlerinde görev alırlar. Soy metal olan ve non toksik altın metali asidik ortamdan etkilenmez, oksidasyona uğramaz. Hücre içine yönlendirildiğinde düşük sitotoksik etkisi nedeniyle sağlam hücrelerde herhangi bir deformasyona neden olmaz. Ayrıca altın nanopartiküller başka hiçbir kaplama ajanına ihtiyaç olmadan yük ve hidrofobite gibi yüzey özelliklerinin ayarlanmasına imkan sağlar. Altın nanopartiküller biyomoleküllere kolaylıkla bağlanan -SH grubu ile etkileşime girerek hedefleme uygulamalarında seçicilik sağlar (13).

4.1.2 Gümüş Nanopartiküller

Gümüşün antimikrobiyal özelliklerinden dolayı dezenfektan, yara ve yanık tedavisinde etkili ajan olduğuna dair bilgiler çok uzun yıllardır bilinmektedir. Ayrıcagümüş sülfadiazinin *E. coli*, *S. aureus*, *Klesiella* sp. ve *Pseudomonas* sp. gibi bakterilere karşı etkin olduğu ayrıca antifungal ve antiviral etkinliklere de sahip olduğu bildirilmektedir. Gümüşün sahip olduğu bu önemli özelliklere nanoyapıların taşıdığı karakteristik vasıflarda eklenmiş olup, günümüzde gümüş nanopartiküller elektronik, malzeme bilimi, nanotıp gibi alanlarda geniş kullanım potansiyeline ulaşmıştır (14)

4.1.3 Bakır nanopartiküller

Bakır nanopartiküller sergiledikleri katalitik, optik özelliklerine ek olarak antibakteriyel ve antifungal olmaları nedeniyle metal nanopartiküller içerisinde önemli bir yere sahiptir. Bunun yanında bakırın daha az maliyetle ve kolay bulunabilir olması gümüş, altın ve platin metallerine kıyasla önemli bir avantajdır. Bakır nanopartiküllerin antimikrobiyal ajan olarak kullanılabilişliği uzun zamandır bilinmektedir. Biyomedikal alanda da sahip olduğu düşük toksisiteyi nedeniyle kayda değer uygulamaları söz konusudur (15)

4.1.4 Demir nanopartiküller

Demir nanopartiküller sergiledikleri yüksek manyetizma ve katalitik özellikleri nedeniyle görüntüleme ajanı olarak, monodispers yapıları sayesinde kanser araştırmalarında, endüstriyel olarak tekstil boyalarının ve atıklarının giderim işlemlerinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte bazı araştırmalar sonucunda sıfır değerlikli demirin yüksek indirgeyici özelliğinden dolayı kirleticilere karşı daha yüksek aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir (16).

4.1.5 Çinko oksit nanopartiküller

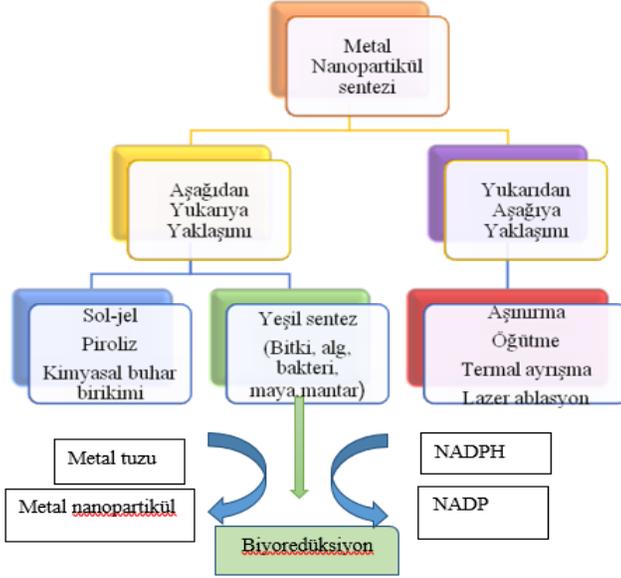
Çinko oksit nanopartikülleri ise başta gübre ve boya sanayide olmak üzere kullanılmaktadır. Ayrıca kozmetik endüstride güneş kremlerinde ve mineral makyaj ürünlerinde kendine uygulama alanı bulmuştur. Bunun dışında elektronik özelliklerinden dolayı sensör uygulamalarında, antimikrobiyal özelliklerinden dolayı gıdalarda ve gıda ambalaj paketlerinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (17).

Nanopartikül Sentez Yöntemleri ve Yeşil Sentez

Nanopartikül sentez yöntemlerinde kullanılan iki genel yaklaşımdan biri olan Yukarıdan aşağıya (top down) yönteminde malzemeye dışarıdan mekanik ve/veya kimyasal enerji verilmesi sonucu malzemenin nano boyutlara kadar inebilecek küçük parçalara ayrılması söz konusudur. Bu

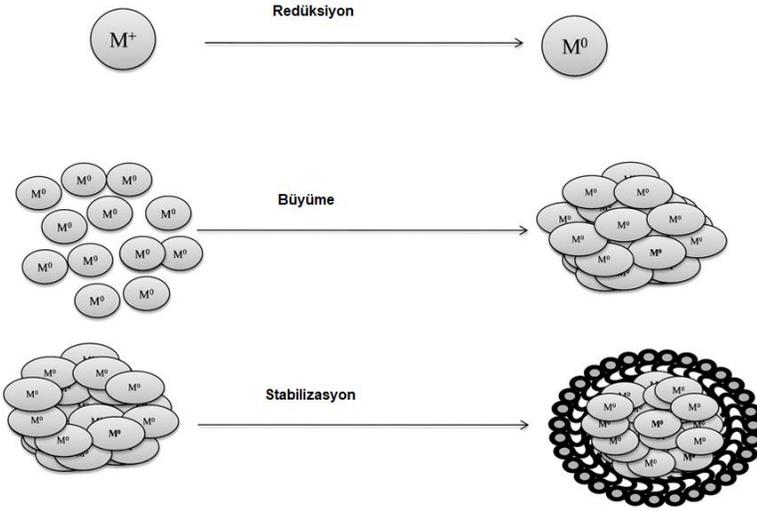
yaklaşımında genel olarak yüksek enerjili aşınma, öğütme ve ayrışma prosesleri uygulanır.

Diğer bir yaklaşım Aşağıdan Yukarıya (bottom up)yönteminde ise temel prensip, atomik veya moleküler boyuttaki yapıları kimyasal reaksiyonlar ile büyütürük partikül oluşumunun gerçekleştirilmesidir. Sol-jel, piroliz ve kimyasal buhar birikimi bu yöntemin bilinen en çok bilinen üyeleridir.



Şekil 3. Metal nanopartiküllerin sentez yöntemleri (18)

Redüksiyon ile metal nanopartikül sentez mekanizması Şekil 4’de gösterildiği gibi redüksiyon, büyüme ve stabilizasyon sırasıyla gerçekleşmektedir.



Şekil 4. Metal nanopartikül sentez mekanizması (19)

5. Yeşil Kimya

Gelişen, değişen ve yaşlanan dünyamız için en büyük tehditlerden biri hiç şüphe yok ki çevre kirliliğidir. Günümüzde en çok konuşulan çözüm yollarından birisi de yeşil kimyadır. Anastas ve Warner'a göre yeşil kimya, kimyasal ürünlerin dizaynı, üretimi ve kullanım alanlarında çevre ve insan sağlığı için tehlike oluşturan maddelerin kullanımı ve ortaya çıkışını engelleyen veya azaltan bir düzine prensibin kullanımınıdır. Yeşil kimya prensiplerinin nanoteknolojiyle olan birlikteliği Schmidt tarafından 21. yy'da sürdürülebilir bir toplumun anahtarı olarak gösterilmektedir (20).

Nanopartikül sentezinde kullanılan ve uzun zamandır bilinen teknolojilerin toksik içeriklerinin yüksek olması ve biyoyumculuk göstermemeleri, bilim insanlarını daha güvenli, çevre dostu ve olabildiğince az atık üreten, doğal ve yenilenebilir hammadde kullanıldığı, biyomedikal uygulamalara kolay entegre olabilecek yeni sentez prosedürlerini araştırmaya itmiştir.

Yeşil nanoteknoloji olarak karşımıza çıkan bu yeni yaklaşımla artık konvansiyonel sentez prosedürünün neden olduğu olumsuzluklara karşı çözüm bulmak çok daha kolay hale gelmiştir.

Yeşil nanoteknoloji kapsamında metal nanopartikül sentezinde *Aloe vera*, *Azadirachta indica* (ıhlamur), *Camellia sinensis* (çay), *Jatropha curcas* (hint fıstığı), *Acalypha indica* (hint ısırganı), *Cymbopogon sp*

(limon otu) gibi yeşil bitki ve ekstraktlarının ucuz, yenilenebilir doğal kaynaklar olduğu için tercih nedeni olduğu bildirilmiştir. Ayrıca metal nanopartiküllerin sentezinde *Rhodococcus sp.*, *Sargassum wightii*, *Pseudomonas stutzeri*, *Candida glabrata*, *M13 bacteriophage*, *Fusarium oxysporum*, *Thermomonospora sp.* gibi mikroorganizmalar da yeşil sentez amacına hizmet eden diğer doğal kaynaklar olarak yoğun şekilde kullanılmaktadır (19,21).

Yapılan literatür çalışmalarına göre metal nanopartikül sentezinde kullanılan doğal kaynaklar, elde edilen nanopartiküller ve partikül şekil ve boyutları Tablo 1’de özetlendiği gibidir.

Tablo 1. Metal nanopartikül sentezinde kullanılan bazı doğal kaynaklar

| Doğal Kaynak | Metal Nanopartikül | Büyükölük(nm) | Ref |
|------------------------------------|--------------------|----------------------|------|
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Au | 15-30 Küresel | (22) |
| <i>Yeast strain</i> | Ag | 2-5 Hekzaganol | (23) |
| <i>Acalypha indica</i> | Ag, Au | 20-30 Küresel | (24) |
| <i>Schizosaccharomyces pombe</i> | CdS | 1-2 Hekzaganol | (25) |
| <i>Syzygium aromaticum</i> | Cu | 20 Küresel | (15) |
| <i>Lithodora hispidula, Griseb</i> | Ag, Pd | 15-21 Küresel | (26) |
| <i>Volvariella volvacea</i> | Au, Ag | 20-150 Hekzaganol | (27) |
| <i>Mentha piperita Au, Ag</i> | Au, Ag | 5-150 Küresel | (28) |
| <i>Medicago sativa (alfalfa)</i> | Fe | 2-10 Kristal | (29) |

6. Alçak Ötektik Çözücüler

Yeşil kimyanın yoğun bir şekilde araştırdığı konuların başında geleneksel olarak kullanılan ve yüksek toksisite gösteren çözücülerin yerine, yeni nesil çözücü alternatifleri sunmaktır. Sahip oldukları yüksek

viskozite ve yüksek polaritelerinden kaynaklanan güçlü çözücü olmaları gibi özellikleri nedeniyle iyonik sıvılar, son yirmi yıldır yoğun şekilde araştırılmaktadır. Ancak iyonik sıvıların düşük biyoçözünürlük ve biyouyumluluk göstermeleri, pahalı olmaları ve sahip oldukları yüksek toksisite, bu çözücülerin yeni nesil çözücü olarak görülmesinin önündeki en büyük engeldir. İlk olarak 2003 yılında Abbott ve grubu (30) tarafından yayımlanan alçak ötektik çözücüler (DES), genel olarak kuaterner amonyum tuzu olarak kolin klorür, hidrojen bağı donörü olarak çeşitli karboksilik asit türevlerinin belirli oranlardaki karışımı olarak tanımlanır. Alçak ötektik çözücü hazırlamak için farklı kombinasyon önerileri olmakla beraber en yoğun şekilde kullanılan kombinasyon Tablo 2’de yer alan 3. alternatiftir.

Tablo 2. Alçak ötektik çözücü hazırlamak için önerilen kombinasyonlar

| Seçenek | Kombinasyon |
|---------|--|
| 1 | Metal Tuzu+Organik Tuz Örn: $ZnCl_2$ +Kolin Klorür |
| 2 | Metal Hidrat Tuzu+Organik Tuz Örn: $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ +Kolin Klorür |
| 3 | Organik Tuz+Hidrojen Bağı Donörü Örn: Kolin Klorür+Üre |
| 4 | Metal Hidrat Tuzu+ Hidrojen Bağı Donörü Örn: $ZnCl_2$ +Üre |

Alçak ötektik çözücülerin belki de en karakteristik özelliği kendisini oluşturan bileşenlerden çok daha düşük erime noktasına sahip olmasıdır. Bunun yanında yüksek iletkenlik, viskozite ve yüzey gerilimi alçak ötektik çözücülerin sahip oldukları diğer önemli özelliklerdir. Üstelik alçak ötektik çözücüler diğer çözücülere göre daha düşük buhar basınçlarına sahiptir. Ayrıca yüksek polariteleri nedeniyle çok iyi birer çözücüdürler. Bunun yanında, düşük toksisiteye sahip olmaları nedeniyle çevre dostu olarak tanımlanırlar. Ayrıca biyolojik olarak çözünme yeteneğine sahiptirler ve biyouyumludurlar (31).

Bu özellikleri nedeniyle DES’ler nanomateryal sentezinde, biyokatalizde, elektrokimya, ekstraksiyon ve ayırma prosedürlerinde, inorganik ve organik türlerin sentezinde, çözünürlük problemi yaşayan bazı maddelerin çözünürleştirilmesinde kullanılmaktadır. Özellikle nanomateryal sentezinde sadece çözücü olarak değil modülatör olması nedeniyle ve bazı nanoyapıların fonksiyonel hale getirilmesinde modifiye

ajanı olarak kullanılması da son derece ilgi çekicidir. Metal nanopartiküllerin sentezinde DES kullanımı ile ilgili yapılan çalışma sayısı son derece sınırlı olup bunlardan birkaçı şöyledir.

Raghuwanshi ve ark (32) yaptıkları çalışmada altın nanopartiküllerin DES ortamında büyüme mekanizmalarını araştırmış ve olumlu etkilerini açığa çıkarmışlardır. Alçak ötektik çözücü ortamında nanomateryal sentezinde herhangi bir yüzey aktif madde kullanılmadan da başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Örneğin DES ortamında yıldız şeklinde altın nanomateryallerin herhangi bir yüzey aktif madde kullanmadan sentezlendiği bu çalışmada (33) elde edilen altın nanopartiküllerin elektrokatalitik özellikleri araştırılmıştır. Bir diğer çalışmada (34) Au-Pd nanopartikülleri DES ortamında sentezlenmiş ve üstün katalitik performansa sahip olduğu bildirilmiştir.

7. Sonuç

Metal nanopartikül sentezi amacıyla kullanılan birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntem olmakla beraber hala metal nanopartikül sentezinde agregasyon ve stabilite problemi sorun oluşturmaya devam etmektedir. Bu durum çeşitli bileşikler absorblama yeteneği gibi bazı istenen özelliklerini sınırlar. Agregasyonun neden olduğu diğer istenmeyen bir durum da özellikle sensör ve biyosensör uygulamalarında gerçekleşen modifikasyon proseslerini daha karmaşık hale getirmesidir. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için sahip oldukları termal stabilite, dispers olma yetenekleri ve iletkenlikleri ile nano parçacık sentezinde alçak ötektik çözücüler umut vadetmektedir. Ayrıca alçak ötektik çözücüler nano parçacıkların şekil, büyüklük ve morfolojilerinin belirlenmesinde önemli rol oynadığı bilinmektedir. Çevre dostu olarak tanımlanan DES ler çoğu sentez reaksiyonunda sadece çözücü olarak değil aynı zamanda modülatör olarak görev yaparlar. Sentez ana başlığı kapsamında değerlendirilen metal nanopartiküllerin sentezinde DES'in kullanıldığı çalışmalar ise son derece sınırlıdır. Bu nedenle bu alanda yapılan çalışmaların sayısı arttırılarak derinleştirilmelidir.

KAYNAKÇA

1. Mamalis, A.G., Vogtländer, L.O.G., &Markopoulos A. (2004). Nanotechnology and nanostructured materials: trends in carbon nanotubes. *Precision Engineering*, 28, 16–30.
2. Adlim, A. (2006). Preparations and application of metal nanoparticles. *Indo. J. Chem.*, 6 (1), 1 – 10.

3. Iavicoli, I., Leso, V., Mano, M., & Schulte, P.A. (2014). Biomarkers of nanomaterial exposure and effect: current status. *J Nanopart Res*, 16, 2302-2309. doi: 10.1007/s11051-014-2302-9.
4. Woo, T.H., & Kim, Y.I. (2014). The financial modeling of nanotechnology for the energy industry using systems thinking decision making. *Energy Sources, Part B*, 9,165–173. doi: 10.1080/15567249.2011.563262.
5. Chakrabarti, M.,H., Brandonc, N.,P., Hajimolana SA, Tariq F, Yufit V, Hashim MA, ve ark. (2014). Application of carbon materials in redox flow batteries. *Journal of Power Sources*, 253, 150-166.
6. Monajjemı, M., Kharghanian, L., Khaleghian, M., & Chegımi, H. (2014). Quantum study of amino acid bind to carbon nanotube in view of magnetic properties. *Fullerenes, Nanotubes, and Carbon Nanostructures*, 22 (8), 709–725.
7. Kobeissy, F.H., Gulbakan, B., Alawieh, A., Karam, P., Zhang, Z., Guingab-Cagmat, J.,D. ve ark. (2014). Post-genomics nanotechnology is gaining momentum: nanoproteomics and applications in life sciences. *Omics A Journal of Integrative Biology*, 18 (2), 111-131.
8. Loss, D. (2009). Quantum phenomena in Nanotechnology. *Nanotechnology*, 20, 1-1.
9. Lewinski, N., Colvin, V., & Drezek, R. (2008). Cytotoxicity of nanoparticles. *Small*, 4(1), 26 – 49.
10. Castro, L., Blázquez, M.L., Muñoz, J.Á., González, F.G., & Ballester, A. (2014). Mechanism and applications of metal nanoparticles prepared by Bio-Mediated process. *Reviews in Advanced Sciences and Engineering*, 3, 1–18.
11. Feldheim, D.L., & Foss CA. (2002). *Metal nanoparticles synthesis, characterization and applications*. Marcel Dekker Inc.
12. Horikoshi, S., & Serpone, N. (2013). *Introduction to nanoparticles*. Wiley-VCH Verlag GmbH& Co. KGaA.
13. Tan, G., Onur, M.A., & Sağlam, N. Nano altın ve biyotıp. (2012). *Turkiye Klinikleri J Med Sci*, 32(2), 499-506.
14. Beykaya, M., & Çağlar, A. (2016). Bitkisel özütler kullanılarak gümüş-nanopartikül (AgNP) sentezlenmesi ve antimikrobiyal etkinlikleri üzerine bir araştırma. *AKU J. Sci. Eng*, 16, 631-641.
15. Rajesh, K.M., Ajitha, B., Reddy, Y.A.K., Suneetha, Y., & Reddy P. S. (2018). Assisted green synthesis of copper nanoparticles using

- Syzygium aromaticum bud extract: Physical, optical and antimicrobial properties. *Optik*, 154, 593–600.
16. Şimşek, U.B, & Turabik, M. Sıfır değerlikli demir nanopartikül sentezi ve çeşitli sentez parametrelerinin parçacık boyutu ve yapısı üzerine etkileri. doi: 10.13140/RG.2.1.3324.6324.
 17. Ergen, Ş. F. (2017). Çinko oksit nanopartikülü ile çinko klorür'ün *daphnia magna* (straus) üzerine akut toksik etkileri. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 18(2), 149-153.
 18. Keat, C.L, Aziz, A., Eid, A.M., & Elmarzughi, N.A. (2015). Biosynthesis of nanoparticles and silver nanoparticles. *Bioresour. Bioprocess.* 2,47, 2-11.
 19. Mittal, A.K, Chisti, Y., & Banerjee, U.C. (2013). Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts. *Biotechnology Advances*, 31, 346–356.
 20. Virkutyte, J., & Varma, R. S. (2011). Green synthesis of metal nanoparticles: Biodegradable polymers and enzymes in stabilization and surface functionalization. *Chem. Sci*, 2, 837–846.
 21. Shah, M., Fawcett, D., Sharma, S., Tripath, S.K., & Poinern, G.E.J. (2015). Green Synthesis of Metallic Nanoparticles via Biological Entities. *Materials*, 8, 7278–7308. doi:10.3390/ma8115377.
 22. Ahmad, A., Senapati, S., Khan, M.I., Kumar, R., Ramani, R., Srinivas, V. ve ark. (2003). Intracellular synthesis of gold nanoparticles by a novel alkalotolerant actinomycete *Rhodococcus* species. *Nanotechnology*, 14, 824–828.
 23. Kowshik, M., Arhtaputre, S., Kharrazi, S., Vogel, W., Urban, J., Kulkarni, S.K., ve ark. (2003). Extracellular synthesis of silver nanoparticles by a silver-tolerant yeast strain MKY3. *Nanotechnology*, 14, 95–100.
 24. Krishnaraj, C., Jagan, E., Rajasekar, S., Selvakumar, P., Kalaichelvan, P., & Mohan, N. (2010). Synthesis of silver nanoparticles using *Acalypha indica* leaf extracts and its antibacterial activity against water borne pathogens. *Colloids Surf B Biointerfaces*, 76,50–6.
 25. Kowshik, M., Deshmukh, N., Vogel, W., Urban, J., Kulkarni, S.K., & Paknikar, K.M. (2002). Microbial synthesis of semiconductor CdS nanoparticles, their characterization, and their use in the fabrication of an ideal diode. *Biotechnol. Bioeng*, 78, 583–588.

26. Turunc, E., Binzet, R., Gumus, I., Binzet, G., & Arslan, H. (2017). Green synthesis of silver and palladium nanoparticles using *Lithodora hispidula* (Sm.) Griseb. (Boraginaceae) and application to the electrocatalytic reduction of hydrogen peroxide. *Materials Chemistry and Physics*, 202, 310-319
27. Philip, D. (2009). Biosynthesis of Au, Ag and Au–Ag nanoparticles using edible mushroom extract. *Spectrochimica Acta Part A*, 73, 374–381.
28. Ali, D.M., Thajuddin, N., Jeganathan, K., & Gunasekaran, M. (2011). Plant extract mediated synthesis of silver and gold nanoparticles and its antibacterial activity against clinically isolated pathogens. *Colloids Surf B Biointerfaces*, 85, 360–5.
29. Herrera-Becerra, R., Zorrilla, C., & Ascencio, J.A. (2007). Production of iron oxide nanoparticles by a biosynthesis method: An Environmentally Friendly Route. *J. Phys. Chem. C*, 111, 16147-16153.
30. Abbott, A.P., Capper, G., Davies, D.L., Rasheed RK., & Tambyrajah V. (2003). Novel solvent properties of choline chloride/urea mixtures. *Chem. Commun*, 70–71.
31. Hamad, A. A., Hayyan, M., AlSaadi, M. A., & Ali, H. M. (2015). Potential applications of deep eutectic solvents innanotechnology. *Chem. Eng*, 273, 551–567.
32. Raghuvanshi, V. S., Ochmann, M., Hoell, A., Polzer, F., & Rademann, K. (2014). Deep Eutectic Solvents for the Self-Assembly of Gold Nanoparticles: A SAXS, UV–Vis, and TEM Investigation. *Langmuir*, 30, 6038–6046.
33. Liao, H.G., Jiang, Y.X., Zhou, Z.Y., Chen, S. P., & Sun, S. G. (2008). Shape-Controlled Synthesis of Gold Nanoparticles in Deep Eutectic Solvents for Studies of Structure–Functionality Relationships in Electrocatalysis. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 47, 9100–9103.
34. Renjith, A., & Lakshminarayanan, V. (2014). One step preparation of ‘ready to use’ Au@Pd nanoparticle modified surface using deep eutectic solvents and a study of its electrocatalytic properties in methanol oxidation reaction. *J. Mater. Chem. A*, doi: 10.1039/c4ta05302h

GRAFENİN YENİ NESİL İYONİK SIVILAR İLE MODİFİKASYONU

Selda DOĞAN ÇALHAN^{1*}

1. Giriş

Grafen olağanüstü elektronik, kimyasal, termal ve optik özelliklerinin yanında bilinen en ince ve dayanıklı materyaldir. Bu nedenle grafen 21. yy için umut vadeden mucize malzeme olarak kabul edilmektedir.

Grafenler sahip oldukları bu özellikleri nedeniyle enerji depolama materyali, ilaç taşıyıcı sistem ve biyosensör olarak kullanılabilir. Büyük bir uygulama potansiyeline sahip olan grafenle ilgili belki de en büyük problem kuvvetli bağ yapısı nedeniyle, herhangi bir işlem görmemiş haliyle grafenin gösterdiği yüksek inertlik ve dispers kabiliyetlerinin sınırlı olmasıdır. Bunun üstesinden gelebilmek için genellikle grafen yüzeyine fiziksel ve/veya kimyasal etkileşim sonucu kimyasal gruplar bağlanarak yapı modifiye edilir.

Modifikasyon işlemi sonucu elde edilen yapıların dispers olma kabiliyetleri artar, hem de yapıya bağlanan kimyasal grupların özelliklerine bağlı olarak grafenlerin sergiledikleri davranışlar değişir.

Grafenin modifikasyon işleminde genellikle kuvvetli asit karışımları ile grafenin sonike edilmesi esasına dayanan Hummer yöntemi kullanılır. Bu yöntemle elde edilen grafen oksite daha sonra katılma, kondenzasyon reaksiyonları ile farklı yapıda organik moleküller bağlanarak grafen yüzeyleri modifiye edilir. Ancak modifikasyon proseslerinde kullanılan kuvvetli asit karışımlarının ve redüktantların çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin olması araştırmacıları yeni ve yeşil modifikasyon yöntemlerini araştırmaya itmiştir.

Bu noktada ilk olarak Abbott ve ark tarafından rapor edilen ve yeni nesil iyonik sıvılar olarak tanımlanabilen alçak ötektik çözücüler, yüksek polariteleri, düşük toksisiteleri ve çevre dostu yeşil çözücüler olması nedeniyle birçok farklı alanda kendine yer bulmuştur.

Grafenlerin modifikasyonunda, kullanılan ve toksik etkileri bilinen kuvvetli asit karışımları yerine alçak ötektik çözücülerin kullanılması önemli bir yeniliktir ve bu konuda yapılan çalışma sayısı yetersizdir. Bu bilgiler ışığında bu çalışmada grafenin modifikasyonu ve alçak ötektik

¹(Dr. Öğr. Üyesi); Mersin Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye. E-mail:seldadgn@gmail.com

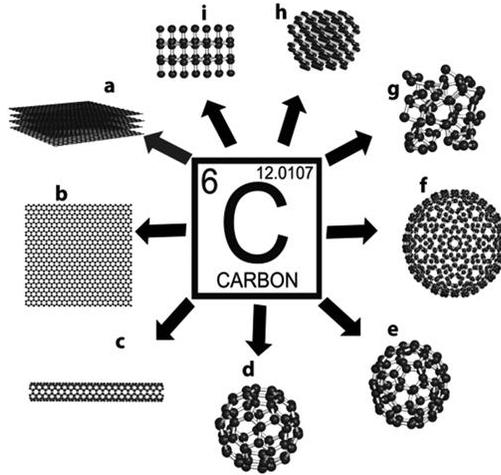
çözücülerin modifikasyon proseslerinde kullanımları, sağladığı avantajlar ve uygulamaları üzerinde genel bir değerlendirme yapılacaktır.

2. Grafen ve Yapısı

Grafen sp^2 hibritleşmesi yapan karbon atomlarının hekzagonal bir ağ örgüsü içinde, pal peteği görünümünde, 2 boyutlu ve tek atom kalınlığında bir karbon materyalidir (1).

Andre Geim ve Konstantin Novoselov'a 2010 Nobel Fizik Ödülü'nün verilmesine neden olan buluşun sebebi, iki boyutlu grafen yapısı ile ilgili yaptıkları çalışmalarıdır. Bu ödüle layık görülen 36 yaşında olan Konstantin Novoselov Nobel Fizik Ödülü alan en genç bilim insanı olarak adını tarihe yazdırmıştır. Manchester Üniversitesi'nde görev alan bu iki araştırmacı, kurşun kalemin etkin maddesi grafitin bir selobanta yapıştırılıp mekanik kopartma tekniği ile grafen tabakalarının ayrımını gerçekleştirmişlerdir (2).

Bu basit ancak etkili yöntem sayesinde dünyanın en sağlam, en sert, en esnek ve aynı zamanda en hafif malzemesi ortaya çıkmıştır. Grafen, karbon nanotüp, C60, elmas gibi bir karbon allotropudur.

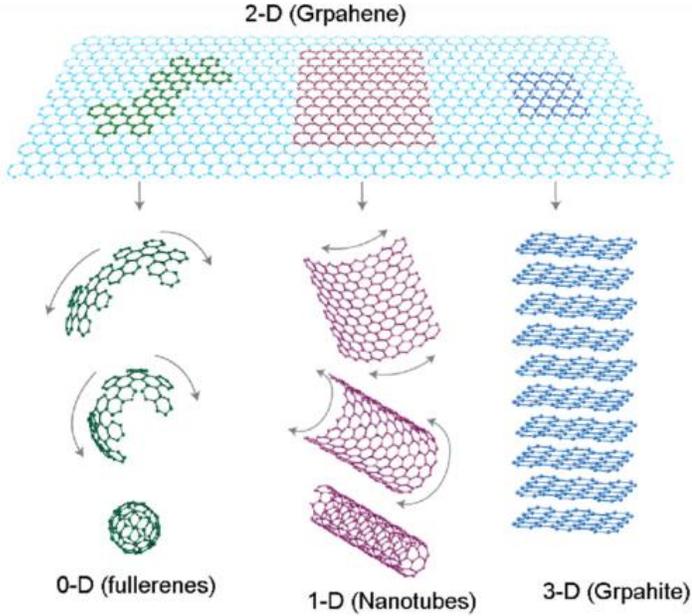


Şekil 1. Karbonun allotroplarının şematik gösterimi

a: Grafite, b: Grafene, c:Karbon nanotüp, d: C60, e: C70, f: C540 g: Amorf karbon, h: Lonsdaleite, i: Elmas (3)

Grafen aynı zamanda fulleren, karbon nanotüp ve grafitinde çıkış malzemesidir. Düzlemsel grafen tabakasının, futbol topu görünümündeki

formu fulleren, kendi ekseninde döndürülmesiyle elde edilen silindirik yapı karbon nanotüp ve grafen tabakalarının üst üste oluşturduğu yapı grafit olarak adlandırılır. Bu nedenle günümüzde en yoğun çalışılan malzemelerden biridir (4)



Şekil 2. Grafenden fulleren, karbon nanotüp ve grafit oluşumu (4)

3. Grafenin Özellikleri ve Uygulama Alanları

Grafen hem ısı ve elektriği mükemmel şekilde ileten, hem kararlı aynı zamanda da bilinen en ince, en güçlü ve en sert malzeme olduğu için günümüz dünyasında mucizevi materyal olarak kabul edilmektedir (5).

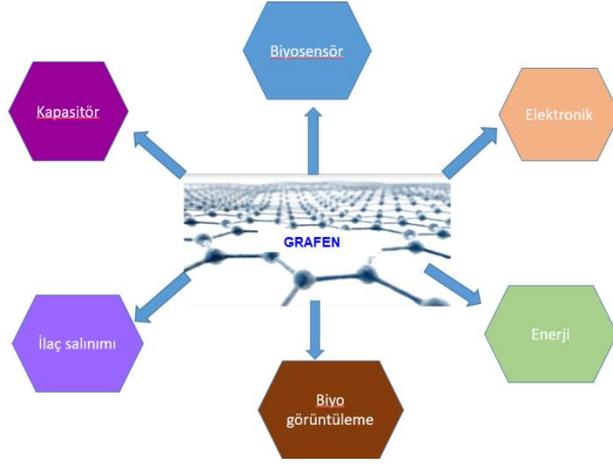
Grafenlerin sahip olduğu,

Termal ve elektriksel iletkenliği gibi eşsiz fizikokimyasal özellikleri,

Sahip oldukları geniş yüzey alanları,

Sergiledikleri mekanik dayanıklılık,

Kolay fonksiyonel hale getirilebilmeleri gibi özellikler grafenlerin, kimyasal ve biyokimyasal sensör yapımında, ilaç salınımında, elektronikte ve enerji depolamada kullanılıyor olmasının en büyük nedenidir (6).



Şekil 3. Grafenin uygulama alanları

4. Grafenin Modifikasyon Nedenleri

Birçok farklı multidisiplin tarafından araştırılan ve potansiyel uygulamaları ile dikkat çeken grafenlerle ilgili belki de en büyük sorun kararlı olan yapıları ve nano boyuttaki karbon yapılarının doğasından kaynaklanan aglomerasyona olan eğilimleridir (7).

Bu durum çeşitli bileşikler absorblama yeteneği gibi bazı istenen özelliklerini sınırlar. Aglomerasyonun neden olduğu diğer istenmeyen bir durum da özellikle sensör ve biyosensör uygulamalarında gerçekleşen modifikasyon proseslerini daha karmaşık hale getirmesidir. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için malzemenin modifikasyon proseslerinden sıklıkla yararlanır.

Grafen yüzeyinin modifiye edilmesi (fonksiyonel hale getirilme, işlevselleştirme) aglomerasyonu azaltarak, grafenin doğal özelliklerinin uygulanmasına izin verir.

5. Grafenin Modifiye Edilmesinde Kullanılan Yöntemler

Fonksiyonel hale getirme süreci grafen yüzeyine yeni fonksiyonel grupların kimyasal ve/veya fiziksel bağlanması üzerinden gerçekleşir.

Kovalent veya non kovalent bağlanma ile gerçekleştirilen modifikasyon ile hirofobik veya hidrofilik gruplar grafen yüzeyine bağlanarak bu nanoyapıların farklı çözücüler içerisindeki dispers olabilmeye yeteneklerini artırırlar (7).

Modifikasyon yöntemleriyle birçok farklı alanda çeşitli grafen uygulamalarının gerçekleştirilmesinde, kimyasal inertliğin ve

aglomerasyonun neden olduğu engeller aşılmış ve amaca uygun manipülasyonlar gerçekleştirilmiş olur

Grafenin modifiye edilmesindeki ilk adım grafen oksit sentezidir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde grafenlerin fonksiyonel hale getirilme proseslerinde genellikle sülfürik asit, konsantre nitrik asit ve potasyum permanganatın kullanıldığı Hummers metodunun sıklıkla tercih edildiği görülür. Staudenmaier metodu ise sülfirik asit, dumanlı nitrik asit ve potasyum klorat karışımı kullanıldığı bir modifikasyon çeşididir. Bir başka modifikasyon yöntemi olarak bilinen Tour yönteminde ise sülfirik asit, konsantre fosforik asit ve potasyum permanganat kullanılır(5).

Bilinen bütün bu yöntemlerin ortak özelliği grafenin kimyasal modifikasyonla yüzeyinde oksijen içeren C-OH, COOH, C-O-C gruplarının oluşmasıdır. Bu yapılar sayesinde van der Waals etkisi kırılarak grafen daha hidrofilik bir yapıya dönüşür. Böylelikle yüzeye farklı özellikte fonksiyonel gruplar nükleofilik/elektrofilik sübtitasyon, kondenzasyon/ katılma reaksiyonu gibi yöntemleriyle bağlanarak amaca uygun modifikasyonlar gerçekleştirilir (8).

6. Grafenin Fonksiyonel Hale Getirilmesinde Kullanılan Yeni Yaklaşım

Ancak hiç şüphe yok ki grafenin modifikasyonunda kuvvetli ve toksik çözücülerin kullanılması bu alternatiflerle ilgili riskleride beraberinde getirmektedir. İnsanlığı ve dünyayı tehdit eden en büyük sorun olarak gösterilen çevre kirliliğine çözüm olarak gösterilen yeşil kimya bu noktada araştırmacıları çevre dostu yeni alternatifleri araştırma noktasında teşvik edici olmuştur.

Yeşil nanoteknoloji olarak karşımıza çıkan bu yeni yaklaşım Schmidt tarafından 21. yy'da sürdürülebilir bir toplumun anahtarı olarak gösterilmektedir (9)

Yeşil kimyanın önemle üzerinde durduğu konu başlıklarından birisi de çevre dostu ve biyoyumlu konvansiyonel organik çözücülere alternatif olabilecek yeni nesil çözücü sistemleri dizayn etmektir.

Bu bağlamda sahip oldukları yüksek viskozite ve yüksek polaritelerinden kaynaklanan güçlü çözücü olmaları gibi özellikleri nedeniyle iyonik sıvılar, son yirmi yıldır yoğun şekilde araştırılmaktadır. Ancak iyonik sıvıların düşük biyoçözünürlük ve biyoyumluluk göstermeleri, pahalı olmaları ve sahip oldukları toksisite, bu çözücülerin yeni nesil çözücü olarak görülmesinin önündeki en büyük engeldir (10).

Bu noktada 2004 yılında yeni nesil iyonik sıvılar olarak da bilinen Alçak Ötektik Çözücüler (11) iyonik sıvıların dezavantajlarını bertaraf

ederek yeşil senteze yeni bir soluk getirmiştir. İyonik sıvı analogu olarak gösterilen alçak ötektik çözücüler genel olarak kuaterner amonyum veya fosfonyum tuzları ile hidrojen bağı donörlerinin belirli oranlardaki karışımı olarak tanımlanır.

Alçak ötektik çözücülerin belki de en karakteristik özelliği kendisini oluşturan bileşenlerden çok daha düşük erime noktasına sahip olmasıdır. Bunun yanında yüksek iletkenlik, viskozite ve yüzey gerilimi alçak ötektik çözücülerin sahip oldukları diğer önemli özelliklerdir. Üstelik alçak ötektik çözücüler diğer çözücülere göre daha düşük buhar basınçlarına sahiptir. Ayrıca yüksek polariteleri nedeniyle çok iyi birer çözücüdürler. Bunun yanında, düşük toksisiteye sahip olmaları nedeniyle çevre dostu olarak tanımlanırlar. Ayrıca biyolojik olarak çözünme yeteneğine sahiptirler ve biyouyumludurlar (12). Kolay ve düşük maliyetle üretilebilirler.

Alçak ötektik çözücülerle ilgili yapılan literatür incelemeleri sonucu bu çözücülerin, siklokatılma reaksiyonları için reaksiyon ortamı, enzim kataliz reaksiyonlarında yeşil çözücü, çözünürlük problemi yaşayan maddelerin çözücüsü olarak ve daha az rastlanmakla beraber inorganik sentezlerde kullanıldığı görülmektedir (13)

Nanoteknolojide DES uygulamalarının sayısı giderek artmakla beraber grafenin modifiye edilmesi ilgili dikkat çekici örneklerle rastlanmaktadır. Örneğin Hayyan ve ark (7) grafenin modifikasyonu on sekiz alçak ötektik çözücü ile yaptıklarını bildirmişlerdir. Elde edilen modifiye grafenlerin karakterizasyonları fourier dönüşümlü infrared spektroskopisi, Raman spektroskopisi, X ışınları kırılım difraktometrisi ve çeşitli mikroskopik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular farklı yüzey morfolojisine sahip yeni modifiye grafenlerin farklı elektronik, mekanik ve optik özellikler sergilediği yönündedir.

Bir diğer çalışma ise Pethsangave ve ark. tarafından (2017) gerçekleştirilmiştir. Kolin klorür ve monosodyum dihidrojen ortofosfat ile hazırlanan alçak ötektik çözücü ile modifiye edilen grafenden yangın geciktirici malzeme üretmişlerdir. Geliştirilen yöntem basit, kolay ve çevre dostudur (14)

Farklı ligand ve grupların grafen yüzeyini modifiye ederek yeni ve amaca uygun farklı nano yapıların eldesi ve karakterizasyonu gerçekleştirilen bir başka çalışma ise (6) 2018 yılında gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada alçak ötektik çözücüler toksik organik çözücü ortamına alternatif olabilecek yeşil çözücü olarak tercih edilmiştir.

Bahrani ve ark. altın nanopartikül, kolin klorür ve grafen oksit kombinasyonu ile, Meloksikam'ın seçici tayininde üzere biyoelektrokimyasal sensör geliştirmişlerdir (15).

7. Sonuç

Grafen temelli nanomateryaller sahip oldukları benzersiz özellikler (yapısal, optik, termal iletkenlik, geniş yüzey alanları) nedeniyle biyomedikal, enerji ve elektronik gibi birçok farklı disiplinde kendilerine önemli uygulama alanları bulmuşlardır. Bu yapıların önemli bir diğer özelliği de çeşitli makromolekülleri kovalent/non kovalent şekilde yüzeye kolayca bağlanabilmesidir. Bu şekilde modifiye edilen yeni grafen bileşiklerinin dispers olma yeteneklerinin geliştiği ve uygulamalarda aglomerasyondan kaynaklı problemlerin giderildiği belirlenmiştir. Ayrıca çeşitli yöntemlerle modifiye edilen grafen temelli nanomateryallerin dispers ve çözünme yeteneklerindeki artış nedeniyle daha çok biyoyoum gösterdikleri de bilinmektedir.

Öte yandan hemen hemen diğer tüm nano yapılar için hala tartışmalı olan toksik etki gösterme potansiyelleri de dikkate alındığında modifikasyonda ve veya/sentez prosedüründe kullanılan çözücü sistemlerinin özelliği büyük önem taşımaktadır. Bu noktada karşımıza çıkan Alçak Ötektik Çözücüler hem modifikasyonun yeşil kimya ile yapılıyor olması nedeniyle hem de bu çözücülerin aynı zamanda yüzey morfolojisi ve partikül boyutu üzerindeki modülatör etkisi nedeniyle araştırılması gereken önemli bir konu başlığı olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

1. Georgakilas, V., Otyepka, M, Bourlinos, A. B., Chandra, V., Kim N., Kemp K. C., ve ark. (2012). Functionalization of graphene: covalent and non-covalent approaches, derivatives and applications. *Chem. Rev.*, 112, 6156–6214.
2. Gong, X., Liu, G., Li Y., Yu D. Y.W., & Yang W. (2016). Functionalized-graphene composites: fabrication and applications in sustainable energy and environment. *Teoh.Chem. Mater*, 28, 8082–8118.
3. Ravula, S., Baker, S. N., Kamath, G., & Baker G.A. (2015). Ionic liquid-assisted exfoliation and dispersion: stripping graphene and its two-dimensional layered inorganic counterparts of their inhibitions. *Nanoscale*, 7, 4338–4353.
4. Kuila, T., Bose, S., Mishra, A. K., Khanra, P., Kim N. H., & Lee J., H. (2012). Chemical functionalization of graphene and its applications. *Progress in Materials Science*, 57, 1061–1105.

5. Lonkar, S. P., Deshmukh, Y. S., & Abdala, A. A. (2015). Recent advances in chemical modifications of graphene. *Nano Research*, 2015, 8(4), 1039–1074.
6. Shaabani, A., & Afshari, R. (2018). Magnetic Ugi-functionalized graphene oxide complexed with copper nanoparticles: Efficient catalyst toward Ullman coupling reaction in deep eutectic solvents. *Journal of Colloid and Interface Science*, 510, 384–394.
7. Hayyan, M., Abo-Hamad, A., AlSaadi, M. A., & Hashim, M., A. (2015). Functionalization of graphene using deep eutectic solvents. *Nanoscale Research Letters*, 10, 324.
8. Shen J, Shi M, Ma H, Yan B, Li N, Hu Y, ve ark. (2010). Synthesis of hydrophilic and organophilic chemically modified graphene oxide sheets. *J Colloid Interf Sci*, ,351:366–70.
9. Schmidt, K. (2006). American Chemical Society Meeting, Woodrow Wilson International Center for Scholars and The Pew Charitable Trusts, Washington DC.
10. Paiva, A., Craveiro, R., Aroso, I., Martins, M., Reis, R. L., & Duarte, A. R. C. (2014). Natural Deep Eutectic Solvents – Solvents for the 21st Century. *ACS Sustainable Chem. Eng*, 2, 1063–1071.
11. Abbott, A. P., Capper, G., Davies, D.L., Rasheed, R. K., & Tambyrajah V. (2003). Novel solvent properties of choline chloride/urea mixtures. *Chem. Commun*, 70–71.
12. Hamad, A. A., Hayyan, M., AlSaadi, M. A., & Ali, H. M. (2015). Potential applications of deep eutectic solvents in nanotechnology. *Chem. Eng*, 273, 551–567.
13. Söldner, A., Zach, J., Iwanow, M., Grtner, T., Schlosser, M., Pfitzner, A. ve ark. (2016). Preparation of Magnesium, Cobalt and Nickel Ferrite Nanoparticles from Metal Oxides using Deep Eutectic Solvents. *Chem. Eur. J*, 22, 13108 – 13113.
14. Pethsangave D. A., Khose R V., & Wadekar, P.H. (2017). Some Deep Eutectic Solvent Functionalized Graphene Composite as an Extremely High Potency Flame Retardant. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 9, 35319–35324.
15. Bahrani, S., Razmi, Z., Ghaedi, M., Asfaram, A., & Javadian H. (2018). Ultrasound-accelerated synthesis of gold nanoparticles modified choline chloride functionalized graphene oxide as a novel sensitive bioelectrochemical sensor: Optimized meloxicam detection using CCD-RSM design and application for human plasma sample. *Ultrasonics – Sonochemistry*, 42, 776–786.

FENİLİMİNO-4-METOKSİSİLİSİLALDEHİT'İN METAL KOMPLEKSLERİNİN SENTEZİ

Selma YILDIRIM UÇAN¹

Öz: Schiff bazları koordinasyon kimyasında birçok çalışmaya konu olmuştur. Özellikle makrosiklik bileşiklerin sentezinde ara kademe rolünü oynamaları, ayrıca bazı komplekslerin oluşum mekanizmalarının incelenmesiyle birçok biyokimyasal reaksiyonların aydınlatılması, bu konu üzerindeki çalışmaların artmasına neden olmuştur. Bu çalışmada; 4-Metoksisisilisilaldehit bileşiğinin metanollü ortamda anilin ile reaksiyonundan; fenilimino-4-metoksisisilisilaldehit ligandı elde edildi. Metil alkolde çözülmüş olan fenilimino-4-metoksisisilisilaldehit'e, metanolde çözülmüş Co(II) ve Cu(II) asetat tuzları ilave edilerek renkli kompleksler sentezlendi. Sentezlenen ligand ve komplekslerin yapıları; FT-IR, TG-DTG, Manyetik Süseptibilite, Kondüktometrik Ölçümler ve Elementel analiz yöntemleriyle aydınlatıldı. Sentezlenen kompleksler monomerik yapıdadır ve dörtlü koordinasyona sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Schiff Bazı, Metal Kompleksler, İletkenlik, Termal Analiz

1.GİRİŞ

Aldehit ve ketonların uygun reaksiyon şartlarında primer aminler ile kondensasyonu sonucu meydana gelen ve yapılarında karbon-azot çift bağı (-C=N-) bulunan bileşiklere Schiff bazı denir. Schiff bazı ilk defa 1864 yılında Alman kimyager H. Schiff tarafından sentezlenmiştir (Schiff, 1869). 1930 yılında ise Pfeiffer tarafından ilk defa ligand olarak kullanılmıştır. Schiff bazlarının metal iyonlarına olan ilgileri ve kolay sentezlenebilme özelliklerinden dolayı Koordinasyon Kimya'sında önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle bazı ilaçların hazırlanmasında, boyar maddelerin üretiminde, plastik sanayinde, sıvı kristaller ve katalitik işlemler gibi analitik kimya uygulamalarında bu ligandlar ile geçiş metal komplekslerinin sentezi ve karakterizasyonu ile ilgili pek çok çalışma

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü

yapılmaktadır (Zishen vd, 1990, Emregül vd, 2006, Arun vd, 2009, Angelica vd, 2018).

Schiff bazı komplekslerinin sentezi ve yapılarının aydınlatılması amacıyla yapılan bu çalışmada; 4-Metoksisalisilaldehit'in amin ile reaksiyonundan yeni bir ligand; fenilimino-4-metoksisalisilaldehit bileşiği elde edildi. Bu bileşikten ise Co(II) ve Cu(II) kompleksleri sentezlendi. Sentezlenen ligand ve komplekslerin yapıları; FT-IR, TG-DTG, Manyetik Süseptibilite, Kondüktometrik Ölçümleri ve Elementel analiz yöntemleriyle aydınlatılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Kullanılan Kimyasallar

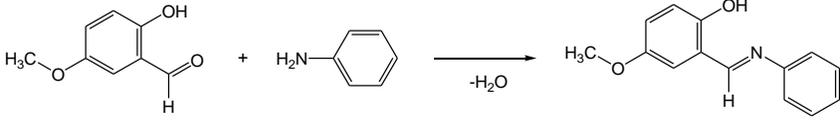
Çalışmada kullanılan bütün kimyasal maddeler analitik saflıktadır. Kimyasal maddeler Merck, Sigma ve Carlo Erba firmalarından temin edilmiştir.

2.1.2. Kullanılan Cihazlar

Sentezlenen bileşiklerin FT-IR spektrumları, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde bulunan Perkin Elmer marka FT/IR System spectrum BX model FT-IR spektrofotometresi ile 4000-400 cm^{-1} aralığında çekilmiştir. Spektrum çekimlerinde ATR ünitesi ile direkt analiz yapılmıştır. TG ve DTG analizleri, Erciyes Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Anorganik Kimya Yapısal Analiz Laboratuvarında bulunan Shimadzu TGA-50 model Termal Analiz Cihazı ile yapılmıştır. Termal analiz çalışması azot gazı altında tarama sıcaklığı 10°C/dak olarak ayarlanmış 25-1000°C aralığında gerçekleştirilmiştir. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde bulunan WTW LF model 330 Kondüktometre cihazı ile ligand ve komplekslerin molar iletkenliği ölçülmüştür. Manyetik Süseptibilite ölçümleri ise Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde bulunan Sherwood Scientific MX1 model Gouy Magnetik Süseptibilite terazisi ile yapılmıştır.

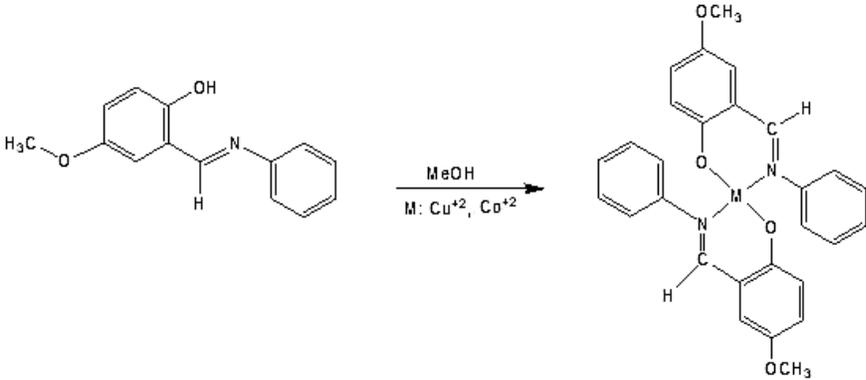
2.2. Metod

2.1.1.Fenilimino-4-metoksisalisilaldehit'in sentezi.



250 mL'lik bir balon içerisine 4-Metoksisalisilaldehit'ten 6 mmol (0.9130 g) alınarak 30 mL metil alkolde çözüldü. Bu çözeltinin üzerine 6 mmol (0.5580 g) anilinin 20 mL alkoldeki çözeltisi, magnetik karıştırıcı ile karıştırılarak ilave edildi. Üç saat karıştırıldıktan sonra reaksiyon ortamında turuncu renkli katı oluşmaya başladı. Karıştırma işlemine bir saat daha devam edildi. Katı madde süzülür, metil alkolle yıkandı ve vakumda kurutuldu. Diklorometan-hekzan (1:1) karışımında kristallendirildi.

2.1.2. Fenilimino-4-metoksisalisilaldehit'in Co(II) ve Cu(II) komplekslerinin Sentezi



250 mL'lik bir balon içerisine 2 mmol (0,455g) fenilimino-4-metoksisalisilaldehit alınarak 30 mL metanol de çözüldü. Bu çözeltiliye manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak 1 mmol (0.2490 g) $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 'ın [1 mmol (0.1996 g) $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$] 10 mL alkoldeki çözeltisi ilave edildi. 60 °C de beş saat geri soğutucu altında karıştırıldı ve katı madde oluştu. Soğutulan kompleks süzülür. Alkol ile yıkanarak vakumda kurutuldu.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada; bir Schiff bazı ve iki metal kompleksi sentezlenmiştir. Sentezlenen bu bileşiklerin yapıları; FTIR, TG-DTG, Manyetik

Süseptibilite, Kondüktometrik Ölçüm ve Elementel analiz yöntemleriyle aydınlatılmıştır.

B. 3.1. Erime Noktası, Renk ve Verim Bulgularının Değerlendirilmesi

Sentezlenen bir ligand ve iki kompleksin; erime noktaları, renkleri ile verimleri Tablo 1.'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi sentezler sırasında verimler yüksek olmuştur. Dağılım aralığı %62 - %80'dir. En düşük verim %62 ile $C_{28}H_{24}CoN_2O_4$ kompleksinin sentezinde, en yüksek verim ise %72 ile $C_{14}H_{13}NO_2$ ligandının sentezi sırasında saptanmıştır. Komplekslerin erime noktası, beklenildiği gibi ligandan yüksek çıkmıştır. Erime noktalarının dağılım aralığı 89-233 °C de olmuştur.

3.2. Elementel Analiz Bulgularının Değerlendirilmesi

Sentezlenen 3 bileşiğin C, H ve N miktarları hesaplanarak Tablo 1.'de verilmiştir. Bileşiklerin karbon miktarının dağılım aralığı %65.17-%73.99, hidrojeninki %4.69-%5.77, azotunki %5.43-%6.16 arasında hesaplanmıştır. Bu çizelge incelendiğinde, Sentezlenen bileşiklerin elementel analiz bulguları, hesaplanan, C, H ve N miktarlarına çok yakın oldukları görülecektir (Tablo 1).

Tablo 1. Sentezlenen ligandın ve komplekslerinin fiziksel özellikleri ve elementel analiz sonuçları

| Bileşikler | Molekül kütlesi | Renk | E.N. B.N. °C | Verim % | Hesaplanan/% Bulunan/% | | |
|------------------------|-----------------|------------|--------------|---------|------------------------|--------------|-----------|
| | | | | | C | H | N |
| $C_{14}H_{13}NO_2$ | 227.263 | Turuncu | 89 | 72 | 73.99 73.88 | 5.77 5.62 | 6.16 6.09 |
| $C_{28}H_{24}CoN_2O_4$ | 511.443 | Bordo | 233 | 62 | 65.76 65.64 | 4.73 4.63 | 5.48 5.33 |
| $C_{28}H_{24}CuN_2O_4$ | 516.056 | Kahverengi | 184 | 80 | 65.17 65.03 | 4.69 4.60 | 5.43 5.30 |

3.3. Manyetik Süseptibilite Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Fenilimino-4-metoksisalisilaldehit Cu(II) kompleksinin manyetik moment değeri 1.55 B.M. olarak ölçülmüştür. Bu değer, beklenildiği gibi bir eşleşmemiş elektrona karşılık gelen d^9 metal iyonları için hesaplanan 1,73 BM değerine yakındır. Burada kompleksin kare düzlem veya tetrahedral yapıda olduğu söylenemez. Fakat Schiff bazlarının Cu(II) komplekslerinin kare düzlem yapıda olduğu literatürlerde belirtilmiştir (Mokhles ve Elzاهر, 2001, Khandar ve Nejati, 2000).

Fenilimino-4-metoksisisilaldehyit ve Co(II) kompleksinin manyetik moment değeri ise 4,52 B.M. olarak ölçölmüştür. Bu değer, beklenildiği gibi üç eşleşmemiş elektrona karşılık gelen d^7 metal iyonları için hesaplanan 3,87 BM değerine yakındır. Bu değer Co(II) kompleksinin sp^3 hibritleşmesi yaptığını ve tetrahedral geometride olduğunu göstermektedir (Uçan, 2005).

3.4. FTIR Spektrumlarının Değerlendirilmesi

Sentezlenen bileşiklerin FTIR spektrumları değerlendirilerek toplu halde Tablo 2.'de verilmiştir. Ligandın azometin grubuna ait C=N gerilmesi 1616 cm^{-1} de keskin pik halinde görölmüştür. O-H gerilmesine ait pik 3400 cm^{-1} de geniş band halinde gözlenmiştir. Ligandın aromatik C-H gerilme titreşimleri ise 3080 cm^{-1} de, alifatik C-H gerilme titreşimleri de 2840 cm^{-1} de, metoksi grubuna $-OCH_3$ ait titreşimler 1155 cm^{-1} de gözlenmiştir (Ebrahimi vd., 2013).

Komplekslerdeki C-H gerilme bandları (aromatik ve alifatik) $3060-3050\text{ cm}^{-1}$ ve $2838-2825\text{ cm}^{-1}$ de gözlenmiştir. Komplekslerdeki Azometin grubuna ait C=N gerilmesi $1605-1599\text{ cm}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Kompleks oluşumunda, piklerin düşük alana kayması, metal iyonlarının azot atomları üzerinden koordinasyona girdiğini göstermektedir. Ligandın O-H gerilmesine ait titreşim bandı 3400 cm^{-1} de geniş band halinde görölürken, komplekslerde görölmeyen bu pikler metal iyonunun fenolik oksijen üzerinden koordinasyona girdiğini göstermektedir. Komplekslerde metal-heteroatom bağlarına ait IR bandlarının dağılım aralığı, metal-azot bağları için $480-489\text{ cm}^{-1}$ ve metal-oksijen için $455-478\text{ cm}^{-1}$ olmuştur. Liganda görölmeyen bu pikler, kompleks oluşumu sırasında metal iyonlarının azot ve oksijen üzerinden koordinasyona katıldığını göstermektedir (Kakanejadifard vd, 2013).

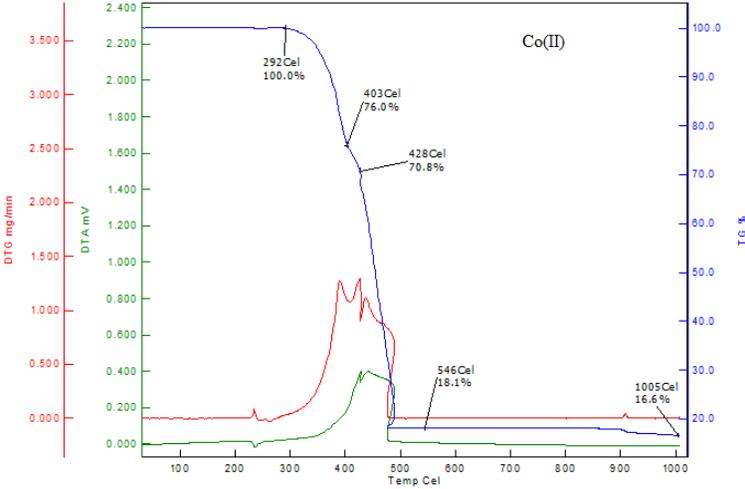
Tablo 2. Ligandın ve Komplekslerin karakteristik FTIR bandları (cm^{-1})

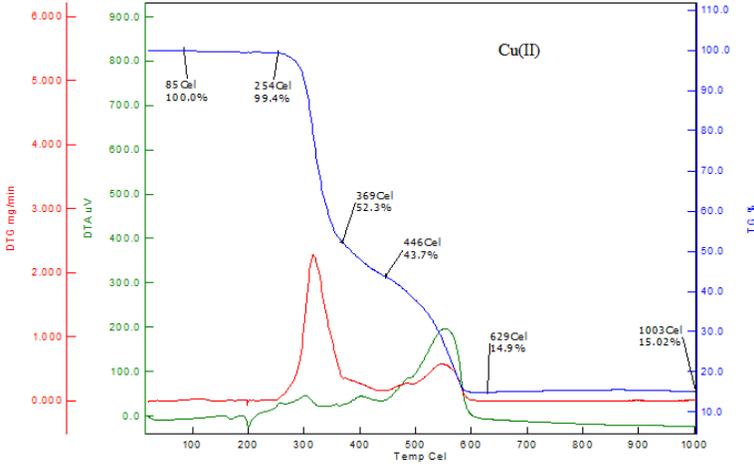
| Bileşikler | $\nu(\text{O-H})$ | $\nu(\text{C-H}_{\text{arom}})$ | $\nu(\text{C=N})$ | $\nu(\text{C-O})$ | $\nu(\text{M-N})$ | $\nu(\text{M-O})$ |
|---|-------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $\text{C}_{14}\text{H}_{13}\text{NO}_2$ | 3400 | 3080 | 1616 | 1155 | | |
| $\text{C}_{28}\text{H}_{24}\text{N}_2\text{O}_4\text{Co}$ | | 3060 | 1605 | 1151 | 489 | 478 |
| $\text{C}_{28}\text{H}_{24}\text{N}_2\text{O}_4\text{Cu}$ | | 3050 | 1599 | 1140 | 480 | 455 |

C.

D. 3.5. TG- DTG Bulgularının değerlendirilmesi

Sentezlenen komplekslerin Termogravimetrik Analiz bulguları değerlendirilerek toplu halde Tablo 3' de verilmiştir. Bu bileşiklere ait Termogravimetrik Analiz eğrileri ise Şekil 1'de görülmektedir. Metal komplekslerinin termogravimetrik analiz diagramları incelendiğinde 600-1000 °C'de maddelerin parçalanması tamamlanmıştır. TG hesaplamalarına göre komplekslerde kalıntı olarak metal oksit'in kaldığı Tablo 3' de görülmektedir. Metal komplekslerinin termal bozunmaları (erime ve bozunma sıcaklıkları), bu bozunmaların kaç basamakta gerçekleştiği ve her basamaktaki % de kütle kayıpları Tablo 3' de verilmiştir.





Şekil 1. Co(II) ve Cu(II) komplekslerinin Termogravimetrik Analiz eğrileri.

TG-DTG eğrilerinin incelenmesi ile kompleksler oluşurken suyun koordinasyona katılıp katılmadığı tespit edilmiştir. Komplekslerin TG/DTG termogramlarında yapıya bağlı koordine su molekülleri görülmemiştir. Metal komplekslerinin Termogravimetrik Analiz sonuçlarının tahmin edilen yapının doğruluğunu desteklemektedir (Hamide vd, 2018).

Tablo 3. Komplekslerin Termogravimetrik Analiz Sonuçları

| Bileşikler | TG aralığı (°C) | DTG (°C) | n ^a | Madde kaybı % bulunan hesaplanan | Molekül Formülü | Metal oksit % bulunan hesaplanan |
|--|--------------------|----------|----------------|----------------------------------|--|----------------------------------|
| C ₂₈ H ₂₄ N ₂ O ₄ Co | 50-450 450-900 | 403 | 2 | 29.20-29.16 | C ₉ H ₉ O ₂ | CoO |
| | | 428 | 1 | 54.20-56.18 | C ₁₉ H ₁₅ N ₂ O | 16.60 |
| | | 1005 | | | | 14.65 |
| C ₂₈ H ₂₄ N ₂ O ₄ Cu | 50-450 450-1000 | 369 | 2 | 56.30-56.07 | C ₂₀ H ₁₉ NO | CuO |
| | | 446 | 1 | 28.68-28.51 | C ₈ H ₅ NO ₂ | 15.02 |
| | | 1003 | | | | 15.41 |

n^a: Bozunma basamak sayısı

E. 3.6. Kondüktometrik Ölçümlerin Değerlendirilmesi

Sentezlenen komplekslerin 1×10^{-3} M DMF çözeltisinde yapılan Kondüktometrik ölçümlerinde, Cu(II) komplekslerinin iletkenlik değeri

$1.6 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \text{ mol}^{-1}$, Co(II) kompleksinin iletkenlik değerleri ise $1.7 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Hesaplanan bu değerler komplekslerin elektrolit olmadığını göstermektedir (Radha vd, 2018)

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada oksijen ve azot atomları içeren aromatik aldehit ile amin reaksiyonundan bir Schiff bazı bileşiği ve iki kompleks sentezlendi. Sentezlenen bileşikler yüksek verimlerle elde edildi. Ligand ve komplekslerin yapıları; FT-IR, TG-DTG Elementel analiz, Manyetik Süsseptibilite, Kondüktometrik ölçümler ile aydınlatılmıştır. Sentezlenen ligand ve komplekslerin analiz sonuçları literatürlerle karşılaştırıldığında uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yazar finansal desteğinden dolayı Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür etmektedir (Proje No: FEB 2011 / 02).

KAYNAKLAR

Schiff, H. (1869). Untersuchungen über salicinderivate. Annalen der Chemie, 150, 193-200.

Emregül, K. C. Düzgün E. ve Atakol O. (2006). The application of some polydentate Schiff base compounds containing aminic nitrogens as corrosion inhibitors for mild steel in acidic media, Corrosion Science, 48: 3243-3260.

Zishen, W. Zigi, G. and Zhenhuan, Y. (1990). Synthesis, characterization and anticancer activity of L-alanin Schiff base complexes of Cu(II), Zn(II) ve Co(II). Synth. React. Inorg. Met.-Org. Chem, 20, 335-344.

Arun, V. Robinson, P. P. Manju, S. Leeju, P. Varsha, G. Digna, V. and Yusuf, K. K. M. (2009). A novel fluorescent bisazomethine derived from 3-hydroxyquinoxaline-2 carboxaldehyde and 2,3-diaminomaleonitrile. Dyes and Pigments, 82, 268-275.

Khandar, A. A. And Nejati, K. (2000). Synthesis and characterization of a series of copper(II) complexes with azo-linked salicylaldimine Schiff base ligands Crystal structure of Cu_5 PHAZOSALTNPCHCl₃. Polyhedron, 19.

Ebrahimi, H. P. Hadi J.S. Abdulnabi Z.A. and Bolandnazar Z. (2014). Spectroscopic, thermal analysis and DFT computational studies of salentype Schiff base complexes. *Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 117 485-492.

Kakanejadifard, A. Esna-Ashari F. Hashemi, P. and Zabardasti, A. (2013). Synthesis and characterization of an azo dibenzoic acid Schiff base and its Ni(II), Pb(II), Zn(II) and Cd(II) complexes”, *Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 106, 80-85.

Uçan, Y. S. Uçan, M. ve Mercimek, B. (2005). Synthesis and characterization of some tetradentate schiff bases and their cobalt(II), nickel(II), copper(II), zinc(II), cadmium(II) and mercury(II) complexes. *Synth. React. Inorg. Met.-Org. and Nano- Metal Chem.* 35(5), 417-421.

Mokhles, M. (2001). Spectroscopic Characterization of some Tetradentate Schiff Bases and Their Complexes with Ni(II), Cu(II) and Zn(II). *Journal of the Chinese Chem. Society*, 48, 153-158.

Radha, V. P. Kirubavathy, J. S. and Chitra, S. (2018). Synthesis, characterization and biological investigations of novel Schiff base ligands containing imidazoline moiety and their Co(II) and Cu(II) complexes. *Journal of Molecular Structure*, 1165, 246-258.

Angelica, V. Mihaela, A. Sergiu, S. Maria, C. and Mirela, F. Z. (2018). Synthesis, structural characterization and properties of some novel siloxane-based bis-Schiff base copper(II), nickel(II) and manganese(II) complexes. *Polyhedron*, 146, 129-135.

Hamide, B. Gholamhossein, Gr. Vaclav, E. Michal, D. and Aliakbar, D.K. (2018). “Copper(II), nickel(II), zinc(II) and vanadium(IV) Schiff base complexes: Synthesis, characterization, crystal structure determination, and thermal studies”, *Polyhedron*, 146, 19-25, 2018.

MICROWAVE ACTIVATED DESULFURIZATION OF TURKISH COALS AND LIGNITES, ŞIRNAK ASPHALTITE – MODIFIED AGGLO - PNEUMATIC FLOTATION

Yıldırım İsmail Tosun

Şırnak University, Mining Engineering Department, Şırnak

ABSTRACT

Tunçbilek, Bolu Mengen, Kütahya Gediz Lignite and Şırnak asphaltite were processed and the clean coal products of them received with mid-products and shale settlements in modified pneumatic cell in the shallow form. The cleaner forms was also second cleaning stage was also carried out. Heavy duty washing was also applied in two and three stages ranging 1.5 to 1.7 gr/cm³ densities of ZnCl₂ baths in order to determine and compare with pneumatic flotation performance and cleaning efficiencies following microwave act of modified pneumatic cell and conventional cell. The modified cell design for the optimum washing unit and the most advanced clean product was investigated. With the advanced design, the high quality lignite was obtained by producing the cleaner product that the country needs as desulfurization. The coal types can change the method of microwave act following flotation cleaning of the coal and asphaltite in the local area of Şırnak. The country side may use much that coagulation by fuel oil as oil flotation method used commonly water treatment and during flotation of asphaltite fines it was found that sulfur content decreased to certain level with high as 48% sulfur elimination.

Keywords: slime flotation, column flotation, carrier flotation, ultrasonic flotation, mobile ultrasonic coagulation, asphaltite slime, biochar

1. INTRODUCTION

In this framework of coal waste management, it is aimed to establish coal recovery by flotation with carbonized bio-waste char. In coal recovery coagulation of solid coal slimes were tested under ultrasonic coagulation and less frother dosage and collector dosages were needed in slime flotation and agglomeration was managed at the attrition speed of 500-600 rev/dk at higher speeds the agglomerated particles deteriorated and combustible yields decreased to 76% at waste management and coal recovery. The plant-based flotation can be operated as mobile or integrated depending on carbonization and pyrolysis of biomass wastes evaluation methods in Şırnak. For this reason selective biomass waste use

was critical on the quality of biochar which will be used in the carrier agglomerated flotation.

The collection of coal slime from tailings pool and bio-waste pyrolysis was affecting the cost of waste management and recovery of coal and the application of the waste separation method was also affected the amount of solid waste to be recovered or the amount of compost to be produced. In Şırnak province, approximately 120 thousand tons of annual solid waste and 60 thousands as coal slime at dry weight has been formed, and this project has been studied in a mobile incineration plant project considering similar wastes in neighboring Siirt and Hakkari provinces. In this way, it will be beneficial to recycle wastes, energy gain as well as environmental effect which can be done consciously waste classification from garbage and bio waste stream in the regions.

The flotation and coal recovery units that integrated were also linked to the mobile system in the study and an economically sustainable economical solid waste management and combustion system in the integrated plant designed. The designed mobile ultrasonic coagulation and flotation unit ensured that the problems such as water and soil pollution and environmental waste loss, including energy production, were minimized. If the integrated mobile system is economically sustainable, it is aimed that the operating cost was low and the management was slightly economical and portable in conformity with Şırnak City Province, and an issue in Southeastern Anatolian region due to the fact of less population.

Biochar is produced by heating biomass in the total or partial absence of oxygen. Pyrolysis is the most common technology employed to produce active sites over asphaltite, and also occurs in the early stick to agglomerate oil contact..

XXXI. 1.1. MODIFIED AGGLO-FLOTATION CELL

Şırnak asphaltites about coal reserves with the washability of the petrographic studies with standard flotation pyrite and clay depending on the structure of asphaltite moved, it has been identified as hard coal washability. The proposed design was efficient in capacity and flotation performance of slime agglomeration and flotation. (Figure 1)

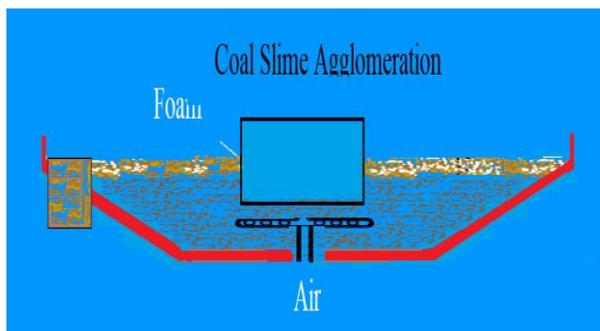


Figure 1 Schematic of the agglomeration - asphaltite flotation system with froth phase and air bubbling.

2. MICROWAVE DESULFURIZATION OF COAL

The dielectric properties depend on the frequency of the applied alternating electric field, the temperature of the material, and on the density (Veasey and Fitzgibbon, 1990), composition, and structure of the material (Lu et al., 2007, Ma and Pickles, 2003). In granular or particulate materials, the bulk density of the air-particle mixture is another factor that influences the dielectric properties (Marland et al., 2000, Kingman et al., 1999). The dielectric properties of materials are dependent on their chemical composition and any other molecules (Table 1) (Walkiewicz et al., 1988). With the exception of some extremely low-loss materials, i.e., materials that absorb essentially no energy from microwave fields, the dielectric properties of most materials vary considerably with the frequency of the applied electric fields. The phenomenon contributing to the frequency dependence of the dielectric properties is the polarisation arising from the orientation with the imposed electric field, of molecules, which have permanent dipole moments.

3.1 Pyrite Type

The advantages of such a procedure are that coarse coal particles have a lower heating rate than fines, thus, temperature control during pyrolysis would be enhanced. Additionally, there will be improved coal dust control during pyrolysis and the specific energy consumptions required for complete pyrolysis by microwave heating and conventional pyrolysis were about 0,18 and 4,4 kW h/kg, respectively. Typically, the energy consumption in ball milling is between about 4,5 and 9 kWh/kg. Therefore, the combined energy consumption for microwave combustion plus grinding would still be lower than conventional.

The two major causes of pyrite and iron ores are the presence of ferrous ions and magnetic attenuation of waves in carbonaceous matter and ultra-fine sulphide particles, pyrite and pyhrotite in coal matrix. When less permittivity is due to the presence of both sulphides in coal matter, the shale, silicate clay matrix is called transparent and reflects through under the microwaves. The carbonaceous matter in the ore adsorbs heat. The most important matter are the organic carbon and coal carbon. The constituents of the organic carbon are amorphous.

Table 1. Microwave Temperature Effect on Minerals (Walkiewics et al., 1988).

| Mineral Type | Maximum Temperature, oC | Time,min |
|--------------|-------------------------|----------|
| Albite | 69 | 7 |
| Chromite | 155 | 7 |
| Chalcopyrite | 920 | 1 |
| Cinabarite | 144 | 8,5 |
| Galenite | 956 | 7 |
| Hematite | 1082 | 7 |
| Magnetite | 1258 | 2,75 |
| Marble | 74 | 4,25 |
| Molibdenite | 192 | 7 |
| Ortochlase | 67 | 7 |
| Pyrite | 1019 | 6,75 |
| Pyhrotite | 586 | 1,75 |
| Quartz | 79 | 7 |
| Sphalerite | 88 | 7 |
| Zircon | 52 | 7 |

Such ores require pretreatment to break down the matrix of the sulphides and oxidize or passivate the carbonaceous matter before pyrolysis. The microwave treatment methods include combustion, chlorination, pressure oxidation, drying, torrefaction, pyrolysis and also digestion and gasification of waste. Microwaves could be utilized as an alternative source of energy for the treatment of ores in some of the unit operations such as drying, calcining, combustion and smelting. Carbon and metal sulphides are known to be very good microwave absorbers and they can be rapidly and selectively heated. Some researchers may improve heat it was indirectly heated by microwaves, therefore using magnetite as a susceptor.

In the present study, the microwave pyrolysis of a coal sample with coal pyrite and copper pyrite was investigated. The concentrate was very responsive to microwave heating and this resulted in almost complete combustion and in some cases sintering of the material.

3. MATERIALS AND METHODS

4.1. Microwave Experiments

The produced high frequency (2.45 GHz) microwaves and the incident power could be varied continuously from 0 to 1000 W. A quartz crucible (about 120 g) containing the pyrite was placed on an alumina platform. The power was varied from 600W to 1000 W. The sample mass ranged from 5 to 50 g. In all experiments, the temperature was measured at the base of the sample, and this is referred to as the sample temperature. A type K thermocouple (wire diameter of 0.20 mm) was employed and the temperature was measured immediately after turning the power off. The variables studied were: incident microwave power, processing time and sample mass. For the microwave combustion tests, samples weighing about 150–200 g, were placed in fireclay combustion boats and heated. (Figure 1 and Figure 2)

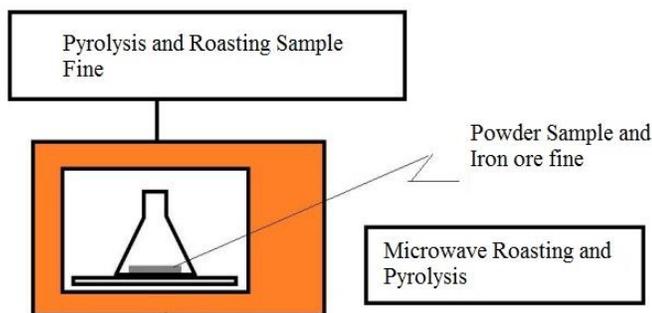


Figure 1. Microwave Experimentation Flowsheet

In the microwave system pyrolysis were managed at the period of 3–5 min. It was found that it was necessary to disperse the particles as a thin layer in order to minimize local overheating. Consequently, pyrolysis and combustion was not uniform and the sections that were not fully calcined were separated and recycled. The chemical analysis of pyrite samples are given in Table 2.

Table. 2. The chemical analysis of different type of pyrites used in the experiments.

| Component Type,% | Siirt pyrite | copper | Şırnak pyrite | coal | Şırnak shale | pyrite |
|----------------------|--------------|--------|---------------|------|--------------|--------|
| CuFeS ₂ | 0,69 | | 0,91 | | 0,47 | |
| FeS ₂ | 75,5 | | 85,5 | | 8,7 | |
| PbS | 2,92 | | 0,72 | | 0,21 | |
| SiO ₂ | 14,4 | | 6,23 | | 48,5 | |
| FeO.SiO ₂ | 9,56 | | 1,84 | | 17,4 | |

4.2. Agglo- Flotation Experiments

The particle size of the slime and the average bubble diameter were determined with a Malvern Instruments Mastersizer 2000SM capable of analyzing particles with diameters between 0.1-2000 μm . The average bubble diameter was determined with the help of a specially designed acrylic cylindrical cell with a volume of 1 liter, to fit in a Malvern Instruments Mastersizer 2000SM device. The influence of pH and current density on the bubble diameter in a 0.1 mol L⁻¹HCl and NaCl solution was evaluated.

Pneumatic flotation tests were carried out in a 3-liter volume 73 cm diameter and 23 cm depth tank cell, with an 200 micron mesh stainless sparkler as shown in Figure 1. Fuel oil was used as collector and MIBC was used as surfactant for the frothing the pneumatic cell.

The influence of fuel oil concentration, pH, sodium chloride concentration and bubble size on the coal yield, combustible recovery and on the agglo- flotation and coagulation of the pH was evaluated. The coagulant sludge used in the feed of pneumatic flotation tests used 20 - 120 mg L⁻¹ of fuel oil and 50-75 g L⁻¹ MIBC frother in cleaning stages sequentially and 0.1 mol L⁻¹NaCl as electrolyte with 0.1 mol/l HCl or NaOH as pH regulators. All reagents used were obtained from MERCK and were analytical grade.

For each test, feed of a coal pneumatic cell flotation was a certain solid liquid ratio of 30% was fed into the agglo- flotation cell. After 20 minutes the froth collection of the slime and froth with low fuel oil addition was determined by the micrometric method (Nikon Instruments). The two stage cleaning asphaltite flotation was carried out as illustrated in Figure 3.

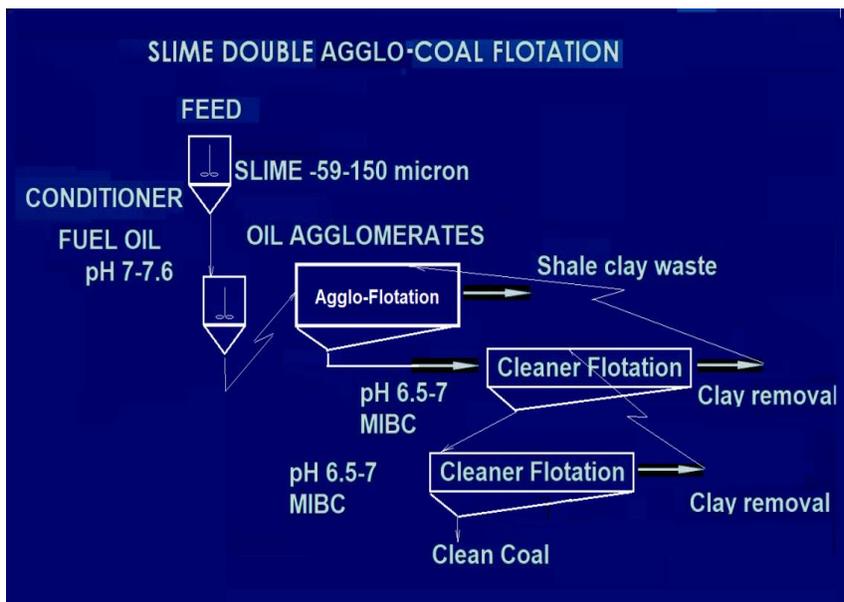


Figure 3 Schematic of the agglo - pneumatic flotation system with two froth phase and harsh pneumatic effect..

4. RESULTS AND DISCUSSION

The precipitate size distribution is showed in Figure 4. Test results received by the particle size analyzer was the cumulative fractions that followed the result accumulated below a given fraction size. the frequency curve defined in the Figure 5 as the curve with peaks obtained by Gaussian cumulative distribution. It was observed that 7% of fines in the sample have diameters below 45 μm , 70% of slimes in the coal sample had diameters below 75 μm . The average particle size of the sample was 145 micron regarded as slime but dispersed droplets of fuel oil no6 was 190-450 micron average size coagulates and 90% of slimes in the sample have diameters below 78 μm , a size small enough to justify the use of column flotation to recover the coal. The chemical properties coagulated shale and marl are given in Table 1 for agglomerates. The proximate analysis of asphaltite slime is given in Table 2. Hence, this method produced bubbles smaller than those produced in the coagulated flotation process or even in pneumatic air flotation as seen in Figure 1.

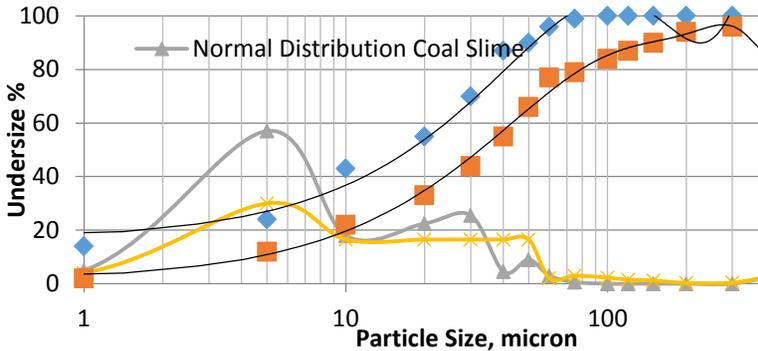


Figure 4. The size distribution of Slime oil coagulates and normal size distribution obtained from at pH 7,5.

4.1. Effect of fuel oil on the coal slime recovery

The effect of fuel oil concentration on the coal recovery by pneumatic flotation with 1,5/1 air rate/slurry on the oil agglomerated particles was presented in Figure 5. It was observed that, in the absence of collector oil, a coal recovery of 23% was achieved. The coagulated flotation are randomly dissolved ions may activate shale species, hydrophilic and having average diameter around 3-5 μm and depressed coal particles. According to study, coagulated particles caused higher entrainment and the flotation mechanism did not show any separation between hydrophobic and hydrophilic shale particles. This phenomenon improved higher affect on separation by ultrasonic wave forces when the particles enter the act of the mechanical agitation on oil agglomerates size and horizontal pneumatic flotation time and the froth depth in much effect of finer clay particles occupying the spaces between the agglomerates and let remain in liquid phase. Some of the larger particles are drained back into the pulp, but the sink is carried upwards and is ultimately recovered in the concentrate. The finer the particle (<70 μm), was affected the more to remain suspended in the inter-bubble water and to be recovered by entrainment rather than by true flotation, a process that occurs only with hydrophobic particles. Figure 5.

Table 3. Şırnak asphaltite ash matter, ash clay and marly shale composition

| %Component | ŞırnakMarl | ŞırnakŞhale |
|------------------|------------|-------------|
| SiO ₂ | 24.14 | 48.53 |

| | | |
|--------------------------------|-------|-------|
| Al ₂ O ₃ | 12.61 | 24.61 |
| Fe ₂ O ₃ | 7.34 | 7.59 |
| CaO | 29.18 | 9.48 |
| MgO | 4.68 | 3.28 |
| K ₂ O | 3.32 | 2.51 |
| Na ₂ O | 1.11 | 0.35 |
| loss | 21.43 | 3.09 |
| SO ₃ | 0.2 | 0.32 |

Table 4. The proximate analysis of Şırnak Asphaltite Slime

| Coal | C% | H% | Ash% | S% | Moisture, % | Heat Value, kcal/kg |
|-------------------------|----|-----|------|-----|-------------|---------------------|
| Şırnak Asphaltite Slime | 17 | 4,5 | 42,1 | 6,6 | 0,5 | 3540 |

In the presence of fuel oil no6 , it was seen that a higher coal recovery was in the range of 68-74 % at less concentration of fuel oil (25-30 mg L⁻¹) and a slight stable decrease of combustible recovery for concentrations above 70 mg L⁻¹.

It was shown the fuel oil adsorption on the active carbon was sufficient even porous structure. According to the frother concentration was seen on active carbon due to yields received by collectorless flotation. The surface cations (Ca²⁺ or Fe⁺³), forming apolar micelles and rendering the surface contact with shale. This kind of chemical interaction is a specific adsorption, and therefore of difficult desorption, which activated shale by sticking frothing surfactant micelles and the increase of combustible recovery in the froth but ash content and yield with a recovery of 76% in the presence of 30 mg L⁻¹ of fuel oil.

4.2. Effect of flotation time on the coal recovery

The effect of flotation time on the coal recovery and on the zeta potential of oil and coal surfaces with fuel oil as collector is illustrated in Figure 6. It can be observed that, without fuel oil collector addition, the combustible recovery was not high at neutral pH, increased from 51% to 82% when the pH is increased from 5 to 8. Acidic pH improved the activation over coal surfaces with cleaning with the pH increase, which can contribute to the increasing clay activation by ion exchange with resulting entrainment.

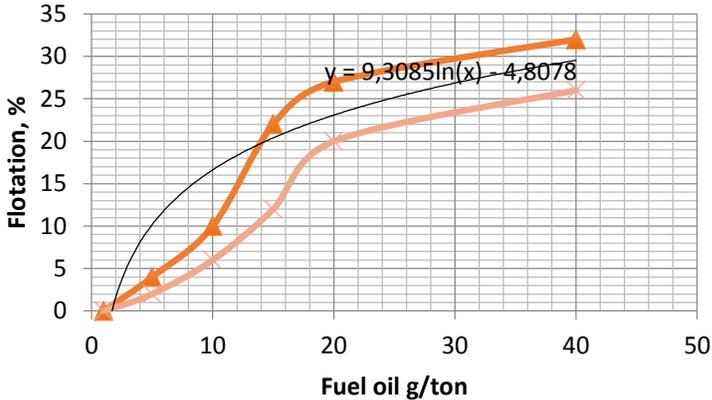


Figure 5. The coal yield of agglomerate asphaltite flotation as a function of the fuel oil concentration added a $0.1 \text{ mol L}^{-1} \text{HCl}$ solution at pH 7,7.

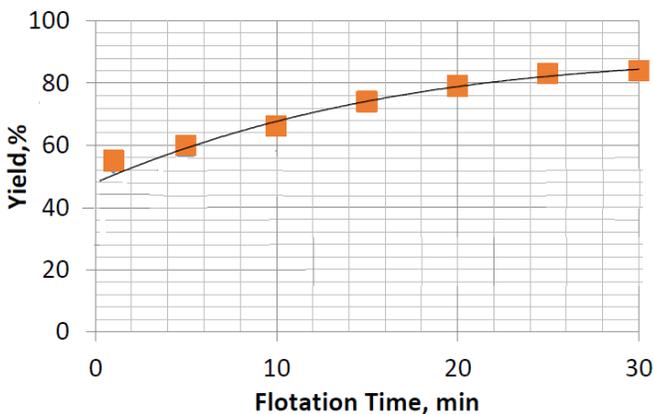


Figure 5. The asphaltite coal recovery in the oil agglomerate flotation, as change at pH changed by HCl in the presence of 50 mg L^{-1} fueloil.

5. CONCLUSIONS

The test results showed that agglomeration was an effective alternative treatment for sludge type pulps and effectively increase by decreasing density in the water with solid concentrations. Due to the high ash content of Şırnak asphaltites it was shown that pneumatic conventional flotation could provided ash contents as low as column flotation by cleaning. The yield was also determined not reduced sufficiently, as well as clean coal product might have still high sulfur content. The ash content in the coal

washing plant was removed from the coal as waste material at weight rate 46 %. Thus, 38% of the combustible sulfur can be disposed off.

This method was successful in high product yield for mid products and pyrite rejection following Humprey Spirals. The combustion yields for Şırnak asphaltite fine under 100 micron was over 73% and 60% with 23% ash and 22% ash contents in the first and last cleaning stage end, respectively. Microwave act was determined by keeping the samples in microwave oven in the laboratory 3 to 10 minutes for just surfaces of coal pyrite. 3 minute acted coal samples desulfurization at cleaning stages with microwave act was 55% for Şırnak asphaltite fine while the desulfurization rate values was 44% in control tests of flotation tests.

The asphaltite reserves and current coal mining in Şırnak, were 83% of total Turkey's asphaltite reserves (proven and possible). This type of asphaltite should be washed with a washing plant to operate in areas where asphaltite are removed, ash and sulfur contents of the evaluation will provide benefits in terms of reduced costs as well as transport and environmental protection. The coal slime recovery ranged from a 20-120 mg/l fueloil solution through coagulation with ultrasonic waving of active carbon followed by column flotation was researched. Micrographs and particle size measurements indicated that the coagulates were a agglomerate of active carbon and slime, with size ranging from 70 to 100 μm . Column flotation with ultrasonic waving as bubbling effect and coagulation effect was used to recover the froths temporarily. The fuel oil and surfactant adsorption was evaluated through collectorless flotation measurements.

The influence of collector fuel oil concentration, pH and bubble size on slimes recovery was investigated. In the absence of collector, a combustible recovery of 45% was achieved, while in the presence of 20 mg L⁻¹ of fuel oil it was increased to 80%, at pH 8. The slime recovery also increased with oil amount increase and bubble size decrease, reaching with the bubble size around 190 μm .

Clean asphaltite with 25.2% ash could be produced in proposed agglot-flotation process, if carried out at low collector oil addition, even high oil rates it would manage the clean asphaltite products with 4.3% combustible sulfur, and a 6700 kcal/kg, lower heat value. This could be beneficial for both heating and for industrial boilers using washed clean fuel.

This washing application should be developed by other procedure and collector types. Especially the other oil types such as sunflower or bio-oils may be effective as fuel oil and it will be considered for reduction sulfur content and higher combustible yields in agglomeration. Also washing process because there is very little difference between the density of the shale and coal will be more difficult.

the plant capacity to reduce costs researchers widely used in coal washing "jameson cell column flotation". The majority needed to seek the optimal method to wash hardly washable Şırnak and Hakkari asphaltites.

Şırnak asphaltites may be washable with our technological conditions over difficult macro-economic factors that restrict the installation of washing facilities, fuel imports, environmental threats, such as economic sanctions will need to be examined.

References

- Akdemir, Ü., and I. Sönmez. 2003. Investigation of coal and ash recovery and entrainment in flotation. *Fuel Processing Technology* 82(1): 1–9
- Anonymous a, 2015, *MultotecŞirket* web sayfası, <http://www.multotec.com/category/industry/coal>
- Anonymous b, 2015, *MBE Şirket* web sayfası, <http://www.mbe-cmt.com/en/products/pneufлот%С2%AE/pneufлот%С2%AE>
- Anonymous c, 2015, *CWP Şirket* web sayfası, <http://cwp.com.tr/en/products.aspx?id=30>
- Aplan F.F., 1977, Use of the Flotation Process Desulphurization of Coal, *Coal Desulfurization: Wheelock T.D.(ed)*, ACS Symposium Series, Washington
- Ata, S., and Jameson G. J.. 2005, The formation of bubble clusters in flotation cells, *International Journal of Mineral Processing* 76 : 123 – 139
- Ata, S. 2012. Phenomena in the froth phase of flotation—A review. *International Journal of Mineral Processing* 102: 1–12.
- Chander S, Sharma VN. 1976, Fine particles processing ,P. Somasundran; 525-543
- Chander S., Mohal B. R., and Aplan F. F. 1987, Wetting Behavior of Coal in the Presence of Some Nonionic Surfactants, *Colloids & Surfaces* , Vol. 26 , pp. 205 – 213.
- Dai, Z., Fornasiero, D. and Ralston, J., 2000, Particle-bubble collision models - a review, *Advances in Colloid and Interface Science*, 85, No. 2-3, 231-256.
- Degner V.R., 1986, Flotation Machine Size Selection, *COALPREP86* Conference papers, p319-349
- Despotovic, R, 1976,;Radiometric characterization of precipitation process, *Fine particles processing* ,P. Somasundran, 481-491

- Erol, M., C. Colduroglu, and Z. Aktas. 2003. The effect of reagents and reagent mixtures on froth flotation of coal fines. *International Journal of Mineral Processing* 71(1): 131–145.
- Falutsu, M., and G. S. Dobby. 1992. Froth performance in commercial sized flotation columns. *Minerals Engineering* 5(10): 1207–1223
- Fuerstenau M.C., 1976, *Flotation*, AIME, New York
- Gupta, A. K., P. K. Banerjee, A. Mishra, and P. Satish. 2007. Effect of alcohol and polyglycol ether frothers on foam stability, bubble size and coal flotation. *Fine Coal Processing*, eds. S. K. Mishra and R. R. Klimpel, 78–109. Park Ridge, NJ: Noyes Publications.
- Hadler, K., M. Greyling, N. Plint, and J. J. Cilliers. 2012. The effect of froth depth on air recovery and flotation performance. *Minerals Engineering* 36: 248–253.
- Hogg R, 1976, Characterization of mineral surfaces, *Fine particles processing*, P. Somasundran: 482-524
- IEA, 2012, *World Energy Outlook*
- Jameson , G. J. 2001 . The flotation of coarse and ultrafine particles. *International Journal of Mineral Processing* 72 : 12 – 15
- Ketkar, D. R., Mallikarjunan, R. and Venkatachalam, S., 1991, Electroflotation of quartz fines. *International Journal of Mineral Processing*, 31, No. 1-2, 127-138
- Kingman S.W., Vorster W., Rowson N.A., 1999, The influence of mineralogy on microwave assisted grinding. *Minerals Engineering*, 3,3, s.313–27.
- Klimpel , R. R. , and R. D. Hansen . 1987 . *Fine Coal Processing* . New York : Noyes Publications
- Klimpel, R. R., and R. D. Hansen. 1987. Chemistry of fine coal flotation. *Fine Coal Processing* 78–109
- Marland S, Han B, Merchant A, Rowson N., 2000, The effect of microwave radiation on coal grindability. *Fuel*, 79, 11, s.1283–8.
- Matis, K. A. (Ed.), 1995, *Flotation Science and Engineering*. Marcel Dekker, New York
- Miettinen, T., Ralston, J. and Fornasiero, D., The limits of fine particle flotation, *Minerals Engineering*, 23, No. 5, 420-437 (2010).
- Nunes, A. P. L., Peres, A. E. C., Araujo, A. C. and Valadão, G. E. S., 2011, Electrokinetic properties of wavellite and its floatability with cationic and anionic surfactants, *Journal of Colloid and Interface Science*, 361, 632-638
- Oats, W. J., O. Ozdemir, and A. V. Nguyen. 2010. Effect of mechanical and chemical clay removals by hydrocyclone and dispersants on coal flotation. *Minerals Engineering* 23(5): 413–419.
- Oats, W. J., O. Ozdemir, and A. V. Nguyen. 2010. Effect of mechanical and chemical clay removals by hydrocyclone and dispersants on coal flotation. *Minerals Engineering* 23(5): 413–419.
- Rubio, J. 1996. Modified column flotation of mineral particles. *International Journal of Mineral Processing* 48(3): 183–196
- Rubio, J. 1996. Modified column flotation of mineral particles. *International Journal of Mineral Processing* 48(3): 183–196

- Salsman J.B., Williamson R.L., Tolley W.K., Rice D.A., 1996, Short-pulse microwave treatment of disseminated sulphide ores. *Minerals Engineering*, 9, 1, s.43–54.
- Schubert, H. 2008. On the optimization of hydrodynamics in fine particle flotation. *Minerals Engineering* 21(12): 930–936
- Schubert, H. 2008. On the optimization of hydrodynamics in fine particle flotation. *Minerals Engineering* 21(12): 930–936.
- TKI, 2009, The Turkish Ministry of Energy, Energy, Dept., Lignite Coal Report
- TTK, 2009, The Turkish Ministry of Energy, Energy, Dept., Hard Coal Report
- Valderrama, L., M. Santander, M. Paiva, and J. Rubio. 2011. Modified-three-product column (3PC) flotation of copper-gold particles in a rougher feed and tailings. *Minerals Engineering* 24(13): 1397–1401
- Warren, L. J. 1985. Determination of the contributions of true flotation and entrainment in batch flotation tests. *International Journal of Mineral Processing* 14(1): 33–44
- Wills , B. A. , and Napier-Munn T. J., 2006 . *Wills' Mineral Processing Technology* . Boston : Butterworth-Heinemann
- Xia D.K., Pickles C.A., 2000, Microwave caustic leaching of electric arc furnace dust, *Minerals Engineering*, 13, 1, s.79–94.
- Xie , G. Y. , and Ou Z. S.. 1999 . Research on coal washing desulfurization . *Journal of China University of Mining & Technology* 28 (5): 502 – 505
- Xie , G. Y. , and Ou Z. S.. 1999 . The study and practice of cyclonic microbial flotation column of ash and pyritic sulfur rejection from coals . *Mining Science and Technology* 5 : 511 – 514.
- Xie , G. Y. 2001 . *Mineral Processing* . Xu Zhou, China University of Mining and Technology Press
- Yianatos, J. B., J. A. Finch, and A. R. Laplante. 1988. Selectivity in column flotation froths. *International Journal of Mineral Processing* 23(3): 279–292.
- Yoon, R. H. 1993. Microbubble flotation. *Minerals Engineering* 6(6): 619–630.
- Yoon, R. H. 2000. The role of hydrodynamic and surface forces in bubble–particle interaction. *International Journal of Mineral Processing* 58(1): 129–143.

WASHING OF TURKISH LIGNITE SLIME AND ŞIRNAK ASPHALTITE BY MICRO SELECTIVE COAGULATION IN MODIFIED CENTRIFUGE SETTLING SEPERATOR

Yıldırım İsmail Tosun

Şırnak University, Mining Engineering Department, Şırnak

Abstract

The asphaltite reserves and current coal mining in Şırnak, were 83% of total Turkey's asphaltite reserves. This type of asphaltite should be washed with a washing plant to operate in areas where sulfur content and ash content of asphaltite were removed. Tunçbilek, Bolu Mengen and Kütahya Gediz lignite were tested in selective agglomeration by asphaltite together. The ash and sulfur contents in coal washing provided great issue due to hard washability of Şırnak asphaltite. This evaluation gave great benefits in terms of reduced costs as well as transport and environmental protection. The coal slime recovery ranged from a 20-120 mg/l fuel oil solution through with mechanical agitation of fuel oil micro coagulation followed by modified centrifuge settler was researched. Micrographs and particle size measurements indicated that coagulates were the fine agglomerate of fuel oil micro coagulation and slime, with size ranging from 70 to 100 μm . Micro centrifuge settler proved much as other mechanical techniques such as inclined lamella plates in column and coagulation effect was managed in agitation conditioner by fuel oil. Column Settler used to recover coagulates on the lamella settlers temporarily. The fuel oil and surfactant adsorption was evaluated through control measurements.

Keywords: settling column, column sentrifuge, fuel oil coagulate, selective agglomeration, slime settling, lignite slime, asphaltite slime

1. INTRODUCTION

In coal recovery the selective agglomeration and coagulation of solid coal slimes were tested as self coagulation with fuel oil micro coagulation and asphaltite coagulation was effective and inclined lamella settler or flow rate and collector dosages were needed in slime coagulation and aggro-settling rates was managed at the attrition speed of 500-600 rev/min at higher speeds the agglomerated particles deteriorated and combustible yields decreased to 76% at waste management and coal recovery. The plant-based settling can be operated as mobile or integrated depending on solid content and dewatering slime and wastes evaluation methods in Şırnak. For this reason selective coagulation waste was

critical on the quality of which it will be used in the oil agglomerated settling or flotation.

The collection of coal slime from tailings pool and bio-waste pyrolysis was affecting the cost of waste management and recovery of coal and the application of the waste separation method was also affected the amount of solid waste to be recovered or the amount of compost to be produced. In Şırnak province, approximately 120 thousand tons of annual solid waste and 60 thousands as coal slime at dry weight has been formed, and this project has been studied in a mobile incineration plant project considering similar wastes in neighboring Siirt and Hakkari provinces. In this way, it will be beneficial to recycle wastes, energy gain as well as environmental effect which can be done consciously waste classification from garbage and bio waste stream in the regions.

The slime settling and coal recovery units that integrated were also linked to the mobile system in the study and an economically sustainable economical solid waste management and combustion system in the integrated plant designed. The designed mobile coagulation and slime settling unit ensured that the problems such as water and soil pollution and environmental waste loss, including energy production, were minimized. If the integrated mobile system is economically sustainable, it is aimed that the operating cost was low and the management was slightly economical and portable in conformity with Şırnak City Province, and an issue in Southeastern Anatolian region due to the fact of less population.

Asphaltites of Southeastern Anatolia is located in the Şırnak and Hakkari 's provinces in Turkey 120 million tons of proven reserves of Şırnak and Hakkari possible asphaltite of 0.2-1% moisture, 37-65% ash, sulfur burning 6,3-7.5% total sulfur 5.5-5.7%, 60-65% volatile matter and 2800-5600 kcal / kg has a lower temperature. Şırnak asphaltites beds are distributed or block-shaped space rock in the vein location [TTK 2009]. Avgamasya and production is done in Karatepe veins approximately 15 years. Avgamasya and Karatepe veins 15-25 and 10-20 m thick clumps form. Also Hakkari, Uludere district was spread around 1-20 m thick layer of scattered asphaltites and as bed layers and as veins. As well as limestone bed rock, shale, marl clay, marl and argillaceous limestone is located. Şırnak asphaltites coal is soft with shale ash and macro sized calcite, micronized minerals as pyrite and pyrrhotite inclusions are widely distributed in coal and shale asphaltites.

1) 1.1. *Washing with the Selective Agglomeration of Slime*

Slime settling for washing the fine size coal (Jameson, 2001) is a method most commonly used. Some studies of coal particle size and density of mineral distribution in coal slime settling (Warner, 1985) determined that significant side kinetic and may affect efficiency. Studies

particle size increases, as can be shown that the yield decreases rapidly (Schubert, 2008). Generally yield falls in the slime settling of coarse coal, but slime settling rate is very low. Particle size is too big, not sticking on the bubbles. In contrast, a high efficiency in the fine coal slime settling and slime settling kinetics also increase (Gupta et al., 2001). In contrast, slime settling rate depends strongly on the grain size medium size coal particles. In addition, the bubble clusters formed around the coarse coal particles was determined to be effective in the coal particles floated by slime settling. Slime settling in size, the solid ratio of reagent dosage and reactive species stated that effective slime settling success (Wills and Napier-Munn, 2006, Klimpel and Hansen, 1987, Rules 1991).

Besides, the grain size on the slime settling of coal ash and mineral substances with a coupling degree of covering of the mineral ash has been determined to be in effect (Laskowski 2001, Erol et al., 2003). Washing the slime settling proper size range were found to be -500 microns. Bigger size and mechanical mixing of fine particles of coal has created different hydrodynamic effect (Jameson, 2001).

Şırnak asphaltites about coal reserves with the washability of the petrographic studies with standard slime settling pyrite and clay depending on the structure of asphaltite moved, it has been identified as hard coal washability.

2) 1.3. *Washing the Coal with Selective Agglomeration of Slime and Column Flotation*

Column slime flotation of fine coal is determined could very well yield can be floated in the micro bubbles (Yianatos et al., 1988). Microbubble washing water in the form of shower foam zones consisting of may be possible to obtain cleaner product coal with the addition. (Hadler et al., 2012 and Jameson, 2001) washable particularly difficult and shale and shale is a method used successfully in coal at high rates. Particle size and type of coal as the slime settling column can easily affect efficiency. However, operating parameters, especially the foam height of the column unit, the wash water is added, and the bias ratio is flammable operating parameters affect efficiency (Finch and Dobby, 1990, Yoon, 1993, Yoon, 2000).

It was formed on an inclined foam zone to increase the effectiveness of the foams so that gravity was stated to reduce drift foam. This essential principles laid cyclonic column slime settling cell (S-FCMC) provided a foam zone comprising inclined channels (FCMC) it proved to be effective in coal washing and widely China (Rubio, 1996) was used. the foam product has a third zone of the foam sediment are removed (Valderrama et al., 2011).

Aluminum and iron salts present the disadvantage of generating coagulation of sewer sludge, which cannot be reused or reclaimed (Oats et al., 2010 a b) (Xie 1999, Xie 2001). Thus, there was necessary to

employ solid/liquid separation for recovery of fuel oil micro coagulation and carrier techniques, such as slime settling, which is a well established technique for minerals separation and is also commercially used for wastewater treatment (Fuerstenau 1976, Gupta et al, 1971). This technique is based on the different hydrophobic manner of the particles to be separated. Thus, hydrophobic particles can be captured by gas bubbles and float to the liquid surface. The slime settling requires the use of surfactants to render the particle surface more hydrophobic. The efficiency of this process depends on the probability of particle-bubble collision and attachment. For small particles there is a need for small bubbles such as those produced by column slime flotation produced finer bubbles (Nunes et al.,2011, Dai et al., 2000).

1. MATERIALS AND METHODS

In this study a modified type centrifuge settler investigated for coagulate settling. Among the particle breaking and screen cleaning effect, fuel oil micro coagulation conditioning and coagulation provided in efficient column slime settling process, as activated sludge was considered the most versatile wave effect could be forced to move at the direction of upward bubble flow instead of settling down and was so efficient at high dense liquid medium and less efficient at less density difference. While among the many oil slime settling type of chemical processes, oil slime settling through the use of carbon coagulation by collectors were widely employed as seen from in Figure 3

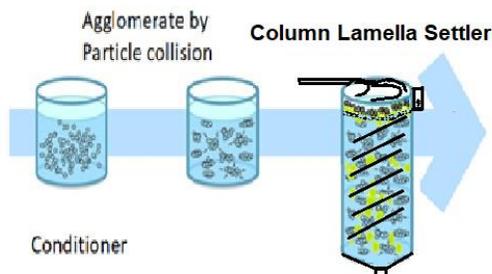


Figure 3 Schematic of the carrier - column slime settling system with lamella settler phase and air bubbling.

However, coagulates and agglomerates of carrier slime settling by fuel oil micro coagulation fines were difficult to settle, requiring the use of bubble contact and lamella settling separation

Column slime settling tests were carried out in a 3-liter volume 13 cm diameter glass cell, with a 5 mm mesh stainless lamella at 45° as shown in Figure 3. Fuel oil was used as collector conditioning and managed following separation in the lamella settling of the modified column cell.

The influence of fuel oil concentration, pH, sodium chloride concentration and flow rate on the coal yield, combustible recovery and on the carrier slime settling and coagulation of the pH was evaluated. The coagulant sludge used in the feed of column slime settling tests used 20 mg L⁻¹ of fuel oil and 25-35 g L⁻¹ fuel oil micro coagulation at 10 % solid weight rate and 0.1 mol L⁻¹ NaCl as electrolyte with 0,1 mol/l HCl or NaOH as pH regulators. All reagents used were obtained from MERCK and were analytical grade.

For each test, a coal column slime settling feed with a certain solid liquid ratio of 10% was fed into the column slime settling cell. After 20 minutes the lamella settler collection of the slime and lamella settler with coagulation was determined by the micrometric method (Nikon Instruments).

3) 4. RESULTS AND DISCUSSION

The coagulate size distribution is showed in Figure 4. Test results received by the particle size analyzer was the cumulative fractions that followed the result accumulated below a given fraction size. The frequency curve defined in the Figure 4 as the curve with peaks obtained by Gaussian cumulative distribution. It was observed that 7% of fines in the sample have diameters below 15 µm, 70% of slimes in the coal sample had diameters below 35 µm. The average particle size of the sample was 45 micron regarded as slime but fuel oil micro coagulation was 100 micron average size and 90% of slimes in the sample have diameters below 78 µm, a size small enough to justify the use of column slime settling to recover the coal carrier fuel oil micro coagulation agglomerates. Hence, this column centrifuge settling method produced high settling rates than those produced in the conventional slime settling process or even in centrifuge slime settling.

The chemical properties of Şırnak asphaltite marl and clay are given in Table 1. The proximate analysis of Şırnak asphaltite is given in Table 2.

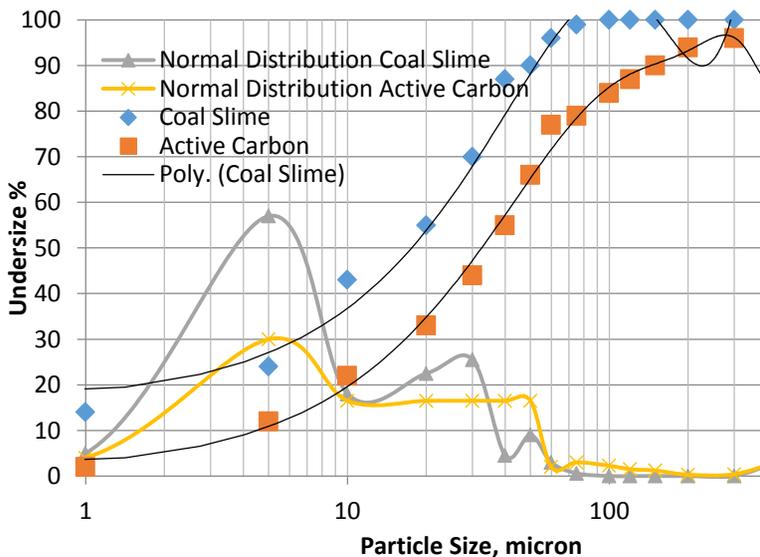


Figure 4. The size distribution and normal size distribution of Slime and active carbon coagulates obtained from at pH 7,5.in Selective Coagulation

Table 1. The composition of Ash matter; Ash clay and Ash Marly shale of Şırnak Asphaltite in Selective Coagulation

| %Component | ŞırnakMarl | ŞırnakŞhale |
|--------------------------------|------------|-------------|
| SiO ₂ | 24.14 | 48.53 |
| Al ₂ O ₃ | 12.61 | 24.61 |
| Fe ₂ O ₃ | 7.34 | 7.59 |
| CaO | 29.18 | 9.48 |
| MgO | 4.68 | 3.28 |
| K ₂ O | 3.32 | 2.51 |
| Na ₂ O | 1.11 | 0.35 |
| loss | 21.43 | 3.09 |
| SO ₃ | 0.2 | 0.32 |

Table 2. The proximate analysis of Şırnak Asphaltite Slime Selective Coagulation

| Coal | C % | H % | Ash % | S % | Moisture, % | Heat Value,kcal/k g |
|------|--------|--------|----------|--------|----------------|---------------------------|
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----|------|-----|-----|------|
| ŞırnakAsphlti te Slime | 17 | 4,5 | 42,1 | 6,6 | 0,5 | 3540 |
|-----------------------------------|----|-----|------|-----|-----|------|

B. 4.1. Effect of fuel oil on the coal slime recovery

The effect of kerosin concentration on the coal recovery by column slime settling and on the carrier of the fuel oil micro coagulation particles is presented in figure 4. It was observed that, in the absence of fuel oil micro coagulation, a coal recovery of 45% was achieved. The coagulated slime settling are randomly dissolved ions may activate shale species, hydrophilic and having average diameter around 3-5 μm depressed coal particles.

According to study, coagulated particles caused higher entrainment and the slime settling mechanism did not show any separation between hydrophobic and hydrophilic shale particles. This phenomenon improved higher affect on separation by ultrasonic wave forces when the particles enter the act of the wave direction to the lamella settler column in much effect of finer clay particles occupying the spaces between the agglomerates and let remain in liquid phase. Some of the larger particles are drained back into the pulp, but the sink is carried upwards and is ultimately recovered in the concentrate. The finer the particle ($<10 \mu\text{m}$), was affected the more to remain suspended in the inter-bubble water and to be recovered by entrainment rather than by true slime settling, a process that occurs only with hydrophobic particles. Figure 6

In the presence of fuel oil micro coagulation, it was seen that a higher coal recovery was in the range of 68-74 % at less concentration of fuel oil (20-30 mg L^{-1}) and a decrease of combustible recovery for concentrations above 50 mg L^{-1} .

It was shown the fuel oil adsorption on the fuel oil micro coagulation was sufficient even porous structure. According to the lamella settlerer concentration was seen on fuel oil micro coagulation due to yields received by collectorless slime settling. The surface cations (Ca^{2+} or Fe^{+3}), forming apolar micelles and rendering the surface contact with shale. This kind of chemical interaction is a specific adsorption, and therefore of difficult desorption, which activated shale by sticking lamella settling surfactant micelles and the increase of combustible recovery in the lamella settler but ash content and yield with a recovery of 76% in the presence of 30 mg L^{-1} of fuel oil.

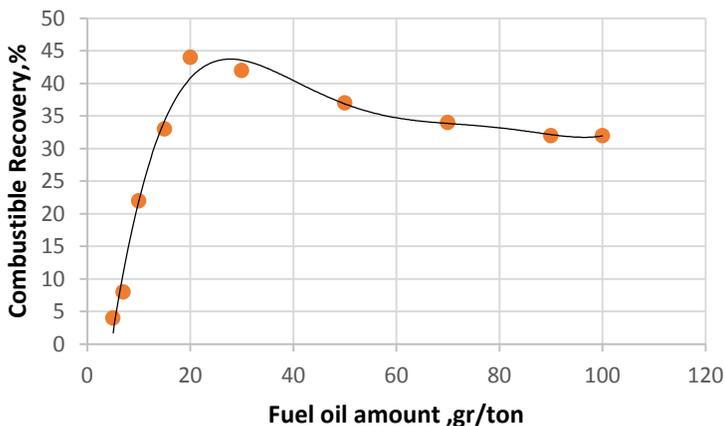


Figure 6. The coal yield of coagulate as a function of the fuel oil concentration added a $0.1 \text{ mol L}^{-1} \text{ HCl}$ solution at pH 7,7 in Selective Coagulation.

C. 4.2. Effect of pH on Coal Yield in Selective Coagulation

The effect of pH on the coal recovery and on the zeta potential of fuel oil micro coagulation and coal surfaces with fuel oil as collector is illustrated in Figure 7. It can be observed that, without fuel oil collector addition, the combustible recovery was not high at neutral pH, increased from 23% to 42% when the pH is increased from 4 to 9. Acidic pH improved the activation over coal surfaces with cleaning with the pH increase, which can contribute to the increasing clay activation by ion exchange with resulting entrainment.

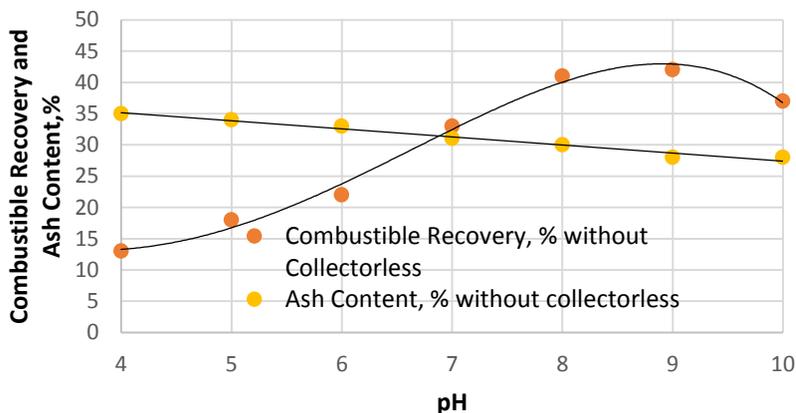


Figure 7. The asphaltite recovery in the inclined lamella column slime settling, as change at pH changed by HCl in the presence of 40 mg L⁻¹ fuel oil.

XXXII. 5. CONCLUSIONS

The results demonstrated that coal recovery with fuel oil micro coagulation coagulation and column slime settling can be used to recover asphaltite slime from the sludge. Slime particle sizes ranging from 30 to 76µm were obtained with 40 mg L⁻¹ of fuel oil addition and 20 min conditioning was sufficient for column slime settling. A recovery of 76% of fine slime and fuel oil micro coagulation agglomerates was managed in the control collectorless column slime settling; however the collector addition increased the recovery over 80% combustible matters. The addition of fuel oil micro coagulation for carrier slime settling improved coal recovery and decreased collector reagent need at an amount one third. The combustible recovery was reaching a recovery of 43% without collector addition at pH 7,7 and 79 % at 120 mg L⁻¹ fuel oil addition.

The test results showed that ultrasound slime settling was an effective alternative treatment for sludge type pulps and effectively increase by decreasing density in the water with solid concentrations.

Due to the high ash content of Şırnak asphaltites and show that conventional slime settling can be as low as column slime settling The yield was also higher at certain fuel conditioning time of 20 minutes , but it was determined that the centrifuge settling did not disturbed coagulates and not reduced combustible yield below to 56% which was sufficient, and well as clean coal product contained less sulfur. The ash content in the settling washing plant was removed from the 42 % to 26% as waste material at high weight rate 62 %. Thus, 38% of the combustible sulfur could be disposed off.

Clean asphaltite with 25.2% ash could be produced in washing process, if carried out, and would have the 4.3% combustible sulfur, and a 6700 kcal/kg, lower heat value could be beneficial for both heating and for industrial boilers using washed clean fuel.

This washing application should be mandatory. Especially the company off-product quality, excavated shale rocks of the same color will be involved in the production by mixing will be reduced. Also washing process because there is very little difference between the density of the shale and coal will be more difficult.

The plant capacity to reduce costs researchers widely used in coal washing "modified column slime settling" (Anonymous a, b, c, 2015). The majority needed to seek the optimal method to wash hardly washable Şırnak and Hakkari asphaltites.

Şırnak asphaltites may be washable with our technological conditions over difficult macro-economic factors that restrict the installation of washing facilities, fuel imports, environmental threats, such as economic sanctions will need to be examined.

The influence of collector fuel oil concentration, pH and bubble size on slimes recovery was investigated. In the absence of collector, a combustible recovery of 45% was achieved, while in the presence of 20 mg/L of fuel oil it was increased to 80%, at pH 8. The slime recovery also increased with fuel oil micro coagulation increase to 30gr/l slurry and bubble size decrease, reaching 50-150 micron coagulates and bubble size around 60 µm.

References

- Akdemir, Ü., and I. Sönmez. 2003. Investigation of coal and ash recovery and entrainment in flotation. *Fuel Processing Technology* 82(1): 1–9
- Anonymous a, 2015, *MultotecŞirket* web sayfası, <http://www.multotec.com/category/industry/coal>
- Anonymous b, 2015, *MBE Şirket* web sayfası, <http://www.mbe-cmt.com/en/products/pneufлот% C2% AE/pneufлот% C2% AE>
- Anonymous c, 2015, *CWP Şirket* web sayfası, <http://cwp.com.tr/en/products.aspx?id=30>
- Aplan F.F., 1977, Use of the Flotation Proess Desulphurization of Coal, *Coal Desulfurization: Wheelock T.D.(ed), ACS Symposium Series, Washington*
- Ata , S. , and Jameson G. J.. 2005, The formation of bubble clusters in flotation cells, *International Journal of Mineral Processing* 76 : 123 – 139
- Ata, S. 2012. Phenomena in the froth phase of flotation—A review. *International Journal of Mineral Processing* 102: 1–12.
- Chander S, Sharma VN. 1976, Fine particles processing ,P. Somasundran; 525-543

- Chander S., Mohal B. R., and Aplan F. F. 1987, Wetting Behavior of Coal in the Presence of Some Nonionic Surfactants, *Colloids & Surfaces* , Vol. 26 , pp. 205 – 213.
- Dai, Z., Fornasiero, D. and Ralston, J., 2000, Particle-bubble collision models - a review, *Advances in Colloid and Interface Science*, 85, No. 2-3, 231-256.
- Degner V.R., 1986, Flotation Machine Size Selection, *COALPREP86* Conference papers, p319-349
- Despotovic, R, 1976,;Radiometric characterization of precipitation process, *Fine particles processing* ,P. Somasundran, 481-491
- Erol, M., C. Colduroglu, and Z. Aktas. 2003. The effect of reagents and reagent mixtures on froth flotation of coal fines. *International Journal of Mineral Processing* 71(1): 131–145.
- Falutsu, M., and G. S. Dobby. 1992. Froth performance in commercial sized flotation columns. *Minerals Engineering* 5(10): 1207–1223
- Fuerstenau M.C., 1976, *Flotation*, AIME, New York
- Gupta, A. K., P. K. Banerjee, A. Mishra, and P. Satish. 2007. Effect of alcohol and polyglycol ether frothers on foam stability, bubble size and coal flotation. *Fine Coal Processing*, eds. S. K. Mishra and R. R. Klimpel, 78–109. Park Ridge, NJ: Noyes Publications.
- Hadler, K., M. Greyling, N. Plint, and J. J. Cilliers. 2012. The effect of froth depth on air recovery and flotation performance. *Minerals Engineering* 36: 248–253.
- Hogg R,1976, Characterization of mineral surfaces, *Fine particles processing* ,P. Somasundran: 482-524
- IEA, 2012, *World Energy Outlook*
- Jameson , G. J. 2001 . The flotation of coarse and ultrafine particles *.International Journal of Mineral Processing* 72 : 12 – 15
- Ketkar, D. R., Mallikarjunan, R. and Venkatachalam, S., 1991, Electroflotation of quartz fines. *International Journal of Mineral Processing*, 31, No. 1-2, 127-138
- Klimpel , R. R. , and R. D. Hansen . 1987 *.Fine Coal Processing* . New York : Noyes Publications
- Klimpel, R. R., and R. D. Hansen. 1987. Chemistry of fine coal flotation. *Fine Coal Processing* 78–109
- Matis, K. A. (Ed.), 1995, *Flotation Science and Engineering*. Marcel Dekker, New York
- Miettinen, T., Ralston, J. and Fornasiero, D., The limits of fine particle flotation, *Minerals Engineering*, 23, No. 5, 420-437 (2010).
- Nunes, A. P. L., Peres, A. E. C., Araujo, A. C. and Valadão, G. E. S., 2011, Electrokinetic properties of wavellite and its floatability with cationic and anionic surfactants, *Journal of Colloid and Interface Science*, 361, 632-638

- Oats, W. J., O. Ozdemir, and A. V. Nguyen. 2010. Effect of mechanical and chemical clay removals by hydrocyclone and dispersants on coal flotation. *Minerals Engineering* 23(5): 413–419.
- Rubio, J. 1996. Modified column flotation of mineral particles. *International Journal of Mineral Processing* 48(3): 183–196
- Rubio, J. 1996. Modified column flotation of mineral particles. *International Journal of Mineral Processing* 48(3): 183–196
- Schubert, H. 2008. On the optimization of hydrodynamics in fine particle flotation. *Minerals Engineering* 21(12): 930–936
- Schubert, H. 2008. On the optimization of hydrodynamics in fine particle flotation. *Minerals Engineering* 21(12): 930–936.
- TKI, 2009, The Turkish Ministry of Energy, Energy, Dept., Lignite Coal Report
- TTK, 2009, The Turkish Ministry of Energy, Energy, Dept., Hard Coal Report
- Valderrama, L., M. Santander, M. Paiva, and J. Rubio. 2011. Modified-three-product column (3PC) flotation of copper-gold particles in a rougher feed and tailings. *Minerals Engineering* 24(13): 1397–1401
- Warren, L. J. 1985. Determination of the contributions of true flotation and entrainment in batch flotation tests. *International Journal of Mineral Processing* 14(1): 33–44
- Wills, B. A., and Napier-Munn T. J., 2006. *Wills' Mineral Processing Technology*. Boston: Butterworth-Heinemann
- Xie, G. Y., and Ou Z. S.. 1999. Research on coal washing desulfurization. *Journal of China University of Mining & Technology* 28 (5): 502 – 505
- Xie, G. Y., and Ou Z. S.. 1999. The study and practice of cyclonic microbial flotation column of ash and pyritic sulfur rejection from coals. *Mining Science and Technology* 5 : 511 – 514.
- Xie, G. Y. 2001. *Mineral Processing*. Xu Zhou, China University of Mining and Technology Press
- Yianatos, J. B., J. A. Finch, and A. R. Laplante. 1988. Selectivity in column flotation froths. *International Journal of Mineral Processing* 23(3): 279–292.
- Yoon, R. H. 1993. Microbubble flotation. *Minerals Engineering* 6(6): 619–630.
- Yoon, R. H. 2000. The role of hydrodynamic and surface forces in bubble–particle interaction. *International Journal of Mineral Processing* 58(1): 129–143.

**GIDALARDA MSG (MONOSODYUMGLUTAMAT)
KULLANIMI
USE OF MSG (MONOSODIUMGLUTAMATE) IN FOOD**

Serap KAYIŞOĞLU^{1*}

Özet

E-621 kodu ile de bilinen MSG, birçok gıda ürününde lezzet verici madde olarak kullanılan bir katkı maddesidir. Glutamat, ABD, AB ve Türk mevzuatlarına göre kullanımı yasal olan bir gıda katkı maddesidir. Lezzet verici maddeler tek başlarına lezzetli olmamalarına rağmen, katıldıkları gıda maddelerinin lezzetini artırmaktadırlar. Gıdada var olan tat ve/veya kokuyu arttıran maddeler olarak tanımlanmaktadırlar. MSG yiyeceklere katıldığında, o yiyeceğin tadının beyin tarafından güzel olarak algılanmasını sağlar. Tatlı, tuzlu, acı farkı olmaksızın "umami" adı verilen beşinci tadı uyararak katıldıkları gıdanın lezzetini arttırmaktadır. Bu nedenle MSG gıda üreticilerinin büyük çoğunluğu tarafından kullanılmaktadır. Günümüzde ambalajlı gıda maddelerinin %95'inde MSG katkı maddesi bulunduğu tahmin edilmektedir.

Monosodyum Glutamat'ın sinir hücrelerine zarar verdiği, merkezi sinir sistemi tahribatı ve buna bağlı olarak alzheimer, parkinson hastalıkları, sara, göz retina tabakası hasarı, yağ birikimi, doyma mekanizmasında bozukluk, obezite, büyüme hormonu baskılanması, pankreas hasarı, insülinde artış ve buna bağlı diyabet, böbrek ve karaciğerde ciddi hasarlara neden olduğu birçok araştırmada ifade edilmektedir. Bu madde hamilelerde plasenta bariyerini geçerek, anne karnındaki bebekler üzerinde de aynı etkiyi göstermektedir. MSG'li yiyeceklerden sonra alınan normal besinlerde tad alma duyarlılığı azalmaktadır. Yapılan araştırmalarda, çocukların ve gençlerin yedikleri hazır gıda maddelerden sonra diğer besleyici besinleri tat alamadıkları gerekçesiyle yemedikleri gözlemlenmiştir.

MSG'in tüketiciler arasında insan sağlığına zararlı olduğuna dair kanının yaygınlaşmasına rağmen, hem laboratuvar hem de klinik sonuçlara göre MSG'in güvenilir bir gıda katkı maddesi olduğu FDA tarafından kabul edilmiştir. Hatta normal sofradan daha az sodyum içeriğine sahip olan MSG'nin, tuzla uygun bir etkileşim sağlayarak lezzet üzerindeki etkisi arttırdığı belirtilmektedir.

¹ Namık Kemal Üniversitesi / Tekirdağ / Türkiye

Gıda katkı maddelerinin insan sağlığına etkilerini değerlendirme konusunda birçok bilimsel araştırma yapılmaktadır. Bu araştırmalardaki amaç, tüketicinin sağlıklı, yeterli, dengeli ve en ekonomik şekilde beslenmesini sağlamak ve gıda katkı maddelerinden kaynaklanabilecek riskleri önlemektir. Bu makalede son yıllarda gıdalarda yaygın olarak kullanılan katkı maddesi MSG üzerine yapılan araştırmaların sonuçları değerlendirilmiş ve öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler:Gıda katkı maddesi, lezzet artırıcılar, monosodyumglutamat, halk sağlığı

Giriş

Gıda katkı maddeleri, üretilen gıdanın güvenliğinin sağlanması, tekstürünün iyileştirilmesi, tüketici isteklerine hitap etmesi ve gıdaların ticari değerini artırılması amacıyla, günümüzde gıda sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda katkı maddeleri farklı kriterlere göre sınıflandırılmakla beraber, kullanım amaçlarına göre sınıflandırma kriteri en yaygın olanıdır. Bu kritere göre gıda katkı maddeleri 4 grup altında sınıflandırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Gıda katkı maddelerinin kullanım amaçlarına göre sınıflandırılması (Karaali, 2008)

Duyusal özellikleri modifiye eden katkı maddelerinden olan lezzet arttırıcı maddeler, 20. Yüzyılın başlarından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise gıda sektöründe önemli bir paya sahiptir. Sadece lezzet arttırmak amacıyla değil, yeni bir tat algısı yaratmak amacıyla da kullanılmaktadırlar. Umami adı verilen bu algının ortaya

çıkmasıyla gıda endüstrisinde lezzet artırıcı maddelerin kullanımı da yaygınlaşmıştır (Dinç,2012).Umami ilk olarak 1908 yılında keşfedilmiştir. Prof. Ikeda kuşkonmaz, domates, peynir, et ve su ürünlerinin genel yapısında oldukça farklı bir karışım bulunduğunu ve bunun acı, tatlı, tuzlu ekşi gibi diğer tat kalitelerinden farklı bir sınıfa ait olduğunu ortaya çıkarmıştır. Umami maddelerinin insan vücudunda birçok işlevi vardır. Umami maddeleri, pankreas ekzokrin salgısını, mide suyu, gastrik asit ve insülin salınımını uyardır. Bu etkilerinden dolayı da sindirimi artırdığı ve yemekle ilgili memnuniyetsizliği azalttığı bilinmektedir (Niijima ve ark., 1990). Yapılan çalışmalara göre umami maddeleri ekşi tada sahip bir yemeğe göre daha uzun süreli tükürük salgısına neden olmaktadır. Umami maddelerin bu rolü ile tat için temel rol oynayan tükürüğün işlevleri geliştirilebileceği sonucuna varılmıştır (Uneyama ve ark., 2009; Schiffman ve Miletic, 1999).

Monosodyumglutamat (MSG) dünyada en çok bilinen ve kullanılan lezzet artırıcıdır. E-621 kodu ile de bilinen MSG, birçok gıda ürünüde kullanılan bir katkı maddesidir.Glutamat, ABD, AB ve Türk mevzuatlarına göre kullanımı yasal olan bir gıda katkı maddesidir. Yiyeceklere katıldığında, o yiyeceğin tadının beyin tarafından tatlı, tuzlu acı fark etmeden güzel olarak algılanmasını sağlamaktadır. Lezzet artırıcı özelliği laboratuvarıda tesadüfen keşfedilenMSG hangi yiyeceğe katılırsa katılsın o yiyecekte lezzet algısı yaratmaktadır. Gıdaların lezzetini arttırmakta ve tatlı, ekşi, tuzlu ve acı olarak bilinen dört temel tat ögesine ilaveten "umami" adı verilen beşinci tadı uyardır (Yamaguchi ve Ninomiya, 2000). Gıda tüketimini arttırıcı bu özelliğinden dolayı, MSG birçok gıda üreticisi tarafından kullanılmaktadır. Çok az miktarda katıldığında bile gıda maddesinin lezzetini zenginleştirme ve az miktarda da et aroması vermesi özelliğinden dolayı, özellikle, proteince zengin hayvansal ve bitkisel gıda ürünlerinde kullanılmaktadır. Bu ürünler; et ve balık ihtiva eden dondurulmuş gıdalar, kuru karışım halindeki bütün hazır çorbalar ve konservelerdir. (Anonymus, 2011(a)).

Monosodyumglutamat (MSG) glutamikasitin sodyum tuzudur. Glutamik asit; diyetle alınan proteinlerin yaklaşık %20'sini oluşturan, parmesan peyniri, domates, mantar, et ve soya sosu gibi bazı gıdalarda doğal olarak yüksek miktarda bulunan, esansiyel olmayan, lezzet verici bir aminoasittir. (Metcalf ve ark.,2003; Williams ve Woessner,2009). 1900' lü yıllarda Japonların tuz formunu üretmesiyle MSG dünyaya yayılmıştır (Prawirohardjono ve ark.,2000). Sanayileşmekte olan ülkelerde ortalama günlük MSG alımı, 0,3-1 gramdır, Avrupa'da ve Amerika'da ise 1 g/gün'dür (Metcalf ve ark.,2003; Geha ve ark.,2000). Endonezya'da kişi başına 0,6 g/gün tüketildiği saptanmıştır (Prawirohardjono ve ark., 2000). Malezya'da ki yeni bir çalışma serbest

glutamik asidi işlenmiş ve hazır gıdalarda daha düşük göstermiştir, 0.24-8.16 mg/g. Fakat, serbest glutamik asit içeriği mayonezde 0.28 mg/g dantavuk suyu tozunda 170.90 mg/g'a kadar çeşnilerde daha yüksek bulunmuştur (Khairunnisak ve ark., 2009).

MSG, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği' ne göre katkı maddesi bulunmasına izin verilmeyen gıdaların dışında tüm gıdalarda kullanılabilir (Anonymous, 2017). Batı ülkelerinde MSG genellikle işlenmiş ve ambalajlanmış mallarda tüketilirken, Çin'de, özellikle kırsal alanlarda, ev yemekleri sırasında sıklıkla MSG eklenmektedir. Dünya çapında her yıl 650.000 ton MSG kullanıldığı tahmin edilmektedir (Millstone ve. Lang, 2008). MSG, tüm cipslerde, bazı katı ve ekmek üstü yağlarda, et sularında, hazır çorbalarda, hazır soslarda, tatlı ve tuzlu hazır ürünlerin bazılarında, işlenmiş et ürünlerinde, işlenmiş balık ve tavuklarda, mayonezlerde, baharat karışımlarında, bulyonlarda ve sebzelerin işlenme aşamalarında, bebek mamalarında ve daha birçok tüketim ürününde karşımıza çıkmaktadır. Hazır gıda maddelerinin yanı sıra organik tarım ürünleri için kullanılan gübrelerde MSG içermektedir (Kerestecioğlu ve ark., 2004). Glutamatın meyve, meyve suları, şekerleme ve diğer tatlı gıdalarda etkili olmadığı ve hoş gitmeyen lezzete neden olduğu bildirilmektedir (Anonymus (b) 2011).

MSG kullanımıyla ilgili yasal düzenlemeler

Türkiye'de kullanılan tüm gıda katkı maddelerinin kullanımları Avrupa Birliği'ne uyumlu olarak hazırlanan "*Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği*" ne bağlı tebliğlerle yönetilmektedir. MSG'nin kullanımı "**Renklendiriciler ve Tatlandırıcılar Dışındaki Gıda Katkı Maddeleri Tebliği**"ndeki (Tebliğ No: 2008/22) esaslar dahilinde Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından yönetilmektedir (Dinç, 2012). Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA) (1988) MSG'nin olumsuz olabilecek etkilerini değerlendirilmiş ve bu değerlendirme sonucunda özellikle bağırsak ve karaciğer dikkate alınarak yapılan analiz sonuçlarında olumsuz artışlar meydana geldiğini fakat bu durumun ancak aşırı yüksek miktarların (30 mg/kg vücut ağırlığı) uygulanması sonucu ortaya çıktığını belirtmiştir. Monosodyumglutamat alımı sonucunda glutamatın plasenta zarını geçmediğinin görüldüğünü ve bebeklerin glutamata yetişkinler gibi metabolize ettiğini belirtmişlerdir. ABD Gıda ve ilaç Dairesi FDA (2012), MSG'ın güvenli olduğunu kabul ederek yasal olarak GRAS (Generally Recognized As Safe) listesine eklemiştir. Bu maddeler yüzyıllardır bilinen ve yaygın olarak kullanıldıkları halde hiç toksik etki görülmemiş maddeler olup, bunlar için ADI değeri yoktur. FAO (Dünya Gıda ve Tarım örgütü)/WHO (Dünya Sağlık Örgütü) Gıda Katkı

Maddeleri Uzmanlar Komitesi (JECFA, 2005) MSG için herhangi bir alım düzeyi ADI (Acceptable Daily Intake, mg/kg vücut ağırlığı) belirlenmesine ve bebekler için de herhangi bir uyarı yapılmasına gerek olmadığını ifade etmişlerdir.

MSG kullanımının olumsuz etkileri üzerine yapılan çalışmalar

Monosodyumglutamat vücuda alındıktan sonra özellikle Çin Restoranı sendromu olarak tanımlanan bir takım etkilere neden olduğu açıklanmıştır. Çin restoranlarında lezzeti artırmak üzere bolca kullanılan bu maddenin bazı insanlarda göğüs ağrısı, baş ağrısı (migren), yüzde kızarıklık, nefes darlığı, ödem, terleme gibi yan etkilere neden olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle de bu değişiklikler Çin Restoranı Sendromu olarak adlandırılmıştır. Fakat monosodyumglutamat ve Çin restoranı sendromu arasındaki ilişki bilimsel olarak açıklanamamıştır (Ghirri ve Bignetti, 2012). Bazı araştırmalar monosodyumglutamatın daha çok ve daha sık yeme isteği uyandırdığı sonucuna ulaşmaktadır. Bu nedenle ilerleyen zamanlarda monosodyumglutamat içeren besin maddeleri tüketenlerde obezite, diyabet ve alzheimer gibi bir takım hastalıkların ortaya çıkma oranının artacağı düşünülmektedir (Cömert ve Güdek, 2017). Ayrıca monosodyumglutamat kullanımının öğrenme ve bellek mekanizmasında bozukluklara sebep olduğu, ileri yaşlarda ise kısırlık, büyüme bozukluğu, parkinson ve epilepsi gibi nörodejeneratif hastalıkların da oluşmasını sağladığı öne sürülmektedir (Colucci ve Grovun, 1993; Macho ve ark., 2000; HermanussenandTresguerres 2003; Narayanan ve ark., 2010; Sagae ve ark., 2011; Ghirri ve Bignetti, 2012). Monosodyumglutamatın uykuda solunum problemine neden olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur. Uykuda solunum bozukluğu uykusu sırasında solunum yetersizliği, solunum durması sonucu ölüme kadar gidebilen veya hastanın günlük yaşamını büyük ölçüde etkileyen bir halk sağlığı problemidir (VuThiThu ve ark., 2013). Maternal plazmada bulunan glutamatın fetal dolaşıma aktif taşıma sistemi ile plasentadan geçerek katıldığı ve böylece fetusun plazma konsantrasyonunun daha yüksek seviyelere ulaştığı gösterilmiştir (Cetin, 2001; Hermanussen ve Tresguerres, 2003).

MSG kullanımının olumlu etkileri üzerine yapılan çalışmalar

Normal sofradan (NaCl) daha az sodyum içeriğine sahip olan MSG, tuzla uygun bir etkileşim sağlayarak lezzet üzerindeki etkiyi arttırmaktadır. Tuz miktarı düşük seviyelerde kullanılsa bile MSG'in ürünün lezzetini arttırdığı bildirilmiştir. Böylece, tüketici MSG ilave edilmiş gıdaları lezzetli bir şekilde tüketirken daha az tuz kullanıp daha az sodyum almaktadır (Bellisle , 1998). Dünya Sağlık Örgütü kalp ve

damar hastalıklarının önüne geçilmesi için günlük tuz alımının kişi başına 5 gramdan az olmasını önermektedir (WHO, 2012). Gıdalarda maksimum lezzet için, MSG ve NaCl arasında dengeleyici bir ilişki bulunmaktadır. Tuz oranı azaltıldığında daha fazla MSG'ye ihtiyaç duyulurken, MSG oranı azaltıldığında da daha fazla tuz oranına ihtiyaç duyulmaktadır (Yamaguchi ve Takashashi, 1984). FDA tarafından güvenli GRAS olarak kabul edilen MSG'ın gıdalardaki kullanımı, aynı zamanda sodyum miktarının düşürülmesine yönelik talebi karşılamak açısından yararlı olabilecektir. Diyabet hastalarında yapılmış olan bir diğer çalışmaya göre ise sebze yemeklerine Monosodyumglutamatın eklenmesi toplam enerji miktarını etkilemeksizin sebze yemeklerinin tüketiminde bir artışa neden olabileceği gözlemlenmiştir (Bellisle ve ark., 1996). Yapılan çalışmalarda umami maddelerinin ağız kuruluğu ve tat bozukluklarının tedavisinde rol oynayabileceği düşünülmektedir (Scott, 2005; Sasano ve ark., 2010; Sasano ve ark., 2014; Wang ve ark., 2009). Beslenme uzmanları diyetle orta veya düşük yağ alımını tavsiye etmektedir. Ancak az yağlı yiyecekler genellikle tam yağlı olanlardan daha az lezzetlidir. MSG yağı azaltılmış gıdalarda lezzetini korumak için kullanılabilir. Yağı azaltılmış gıdalara optimum glutamat eklenmesi yağ ve enerji alımındaki düşüşü korunurken lezzetin bir kısmını geri kazandırır (Bellisle 2008). Araştırmalar lezzet ve kokulardaki azalmaların yaşlıların kötü beslenme durumlarına neden olduğunu göstermiştir. Diyet araştırmaları glutamatın yaşlı bireylerde gıda alımını artırma potansiyeline işaret etmiştir (Bellisle ve ark., 1991; Imai ve Hasegawa 1994; Schiffman ve Warwic 1993). Uygun miktarlarda glutamatın gıdalara takviyesiyle yaşlılar için azalmış tat uyarımının gelişmesi, mide glutamat algılayıcılarının uyarılmasıyla beslenme durumunun gelişmesi ve böylece yaşam kalitesinin gelişmesi gibi etkiler göstermesi beklenmektedir (Toyama ve ark. 2008).

Sonuç

Günümüzde gıda katkı maddelerinin kullanımı kaçınılmaz bir gereksinimdir. Çok çeşitli olan ve değişik amaçlarla gıdalara katılan bu maddeler kimyasal bileşiklerdir ve önerilenden daha fazla miktarda tüketildiklerinde insan ve hayvan organizması üzerinde sağlığı bozucu etkiler gösterebilmektedirler. Doğal katkı maddeleri de fazla tüketildiklerinde aynı derecede olumsuz etkiler gösterebilmektedirler. Dikkat etmemiz gereken nokta, bu maddeleri yasaların belirlediği şekilde ve miktarda kullanılmasını sağlayarak tehlikeleri olabildiğince minimuma indirmektir. Gıda maddelerinin ambalaj ve etiketi üzerinde içerdikleri gıda katkı maddeleri okunaklı ve açık bir şekilde yazılmalıdır. Gıda katkı maddeleri gıdanın üretiminden tüketiciye sunulduğu zamana kadar Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğine uyulmalı, üretici

firmalar düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir. Gıdalara katıldığı beyan edilen katkı maddeleri miktarı mevzuata uygun olmalıdır. Üretimde kullanılması zorunlu olan gıda katkı maddelerinin önerilenden fazla kullanılması engellenmelidir. Günümüzde MSG'nin insan sağlığı üzerine olan etkileri konusunda yapılan pek çok araştırma devam etmekte ve bu konuda birçok görüş bulunmakla beraber, MSG kullanımının yasaklanmasını gerektirecek derecede ciddi bilimsel kanıtlar bulunmamaktadır. Ancak, pek çok insan için MSG'nin zararlı etkilerinin olabileceği kanısında olması ve zararsız olduğunun da tam olarak kanıtlanamaması kullanımındaki kuşku ve tartışmaların devam etmesine neden olmaktadır.

Kaynaklar

- Anonymus (a) (2011). www.belgeler.com/ürün gereksinimi
- Anonymus (b) (2011). www.hammadeler.com
- Anonymus (2017). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2017). Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, <http://www.resmigazete.gov.tr/24.09.2017>.
- Bellisle, F., Monneuse, M. O., Chabert, M., Lanteaume, M. T., & Louis-Sylvestre, J. (1991). Monosodiumglutamate as a palatability enhancer in the European diet. *Physiology and Behavior*, 49, 869–874.
- Bellisle, F., Dalix, A.M., Chappuis, A.S., Rossi, F., Fiquet, P., Gaudin, V., Assoun, M. ve Slama, G. (1996). Monosodiumglutamate affects mealtime food selection in diabetic patients. *Appetite*, 26(3):267–275.
- Bellisle, F. (1998). Nutritional effects of umami in the human diet. *Food Rev Int*, 14, 309-319.
- Bellisle, F. (2008). Experimental studies of food choices and palatability responses in European subjects exposed to the umami taste. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17: 376–379.
- Colucci, P.E., Grovum, W.L. (1993). Factors Affecting The Voluntary Intake Of Food By Sheep. The Effect Of Monosodium Glutamate On The Palatability Of Straw Diets By Sham-Fed And Normal Animals. *British Journal of Nutrition*. 69(1), 37-47.
- Cömert, M., Güdek, M. (2017). Beşinci Tat: Umami (Fifth Taste: Umami) *Journal of Tourism and Gastronomy Studies* 5/3 (2017) 397-408
- Cetin, I. (2001). Amino acid interconversions in the fetal-placental unit: the animal model and human studies in vivo. *Pediatric Research*, 49(2), 148-154.
- Diñç, B. (2012). Lezzet Arttırıcılar Yüksek Lisans Tezi Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü

- FDA. (2012). Questions and answers on monosodium glutamate (MSG). <http://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/FoodAdditivesIngredients/ucm328728.htm> (Accessed 22.12.2016)
- [Geha RS, Beiser A, Ren C, Patterson R, Greenberger PA, Grammer LC, Ditto AM, Harris KE, Shaughnessy MA, Yarnold PR, Corren J, Saxon A.](#) (2000). Multicenter, double-blind, placebo-controlled, multiple-challenge evaluation of reported reactions to monosodium glutamate. *Journal of Allergy Clinical Immunology*, 106(5), 973–980.
- Ghirri, A. ve Bignetti, E. (2012). Occurrence and role of umami molecules in foods. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(7), 871–881
- Hermanussen, M., and Tresguerres, J. A. F. (2003). Does high glutamate intake cause obesity? *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 16(7), 965–968.
- Imai, Y., & Hasegawa, K. (1994). The revised Hasegawa's dementia scale (HDS-R). Evaluation of its usefulness as a screening test for dementia. *Journal of Hong Kong College of Psychiatry*, 4(SP2), 20–24
- JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (1988). L-glutamic acid and its ammonium, calcium, monosodium and potassium salts. In: *Toxicological Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants*. New York, Cambridge University Press, pp. 97–161.
- JECFA (2005). Safety evaluation of certain food additives and contaminants. In: 63rd Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Geneva, Switzerland. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland, WHO Food Additives Series, No. 54. 2005
- Karaali, A. (2008). <https://www.foodelphi.com/gida-katki-maddeleri-ile-ilgili-yasal-duzenlemeler-prof-dr...>
- Kerestecioğlu, C., Erdoğan, N., Uğur, K. S., Aktaş, G. (2004) MSG Yararlı mı Zararlı mı? <http://tip.baskent.edu.tr/kw/upload/600/dosyalar/cg/sempozyum/ogrsmpznm13/13.P3.pdf> 25.09.2017
- Khairunnisak M., Azizah A. H., Jina S., Nurul Izzah A. (2009). Monitoring of free glutamic acid in Malaysian processed foods, dishes and condiments. *Food Additives and Contaminants*, 26(4), 419–426.

- Macho, L., Fickova, M., Jezova, D. ve Zorad, S. (2000). Late Effects Of Postnatal Administration Of Monosodium Glutamate On Insulin Action In Adult Rats. *Physiological Research*, 49(1), 79-85.
- Metcalf, D.D., Sampson H. A., Simon R. A. (2003). *Food Allergy: Adverse Reactions to Food Additives*, 3rd edition. Blackwell Publishing. 2003;3(25):299-301, 342-346.
- Millstone, E., Lang, T. (2008). *The atlas of food* (2nd ed.) Earthscan, London
- Narayanan, S.N., Kumar, R.S., Paval, J. ve Nayak, S. (2010). Effects of Ascorbic Acid on the Monosodium Glutamate-Induced Neurobehavioral Changes in Periadolescent Rats. *Bratislava Medical Journal*. 111(5), 247-52.
- Nijima, A., Togiya, T., Adachi, A. (1990). Cephalic-Phase Insulin Release Induced By Taste Stimulus Of Monosodium Glutamate (Umami Taste). *Physiology & Behavior*. 48 (6), 905-908.
- Prawiroharjono W, Dwiprahasto I, Astuti I, Hadiwandowo S, Kristin E, Muhammad, M. (2000). Glutamate Safety in the Food Supply. *Journal of Nutrition*. 2000;130:1074-1076.
- Sagae S.C., Grassioli, S., Raineki, C., Balbo, S.L. ve Marques, da Silva A.C. (2011). Sex Differences In Brain Cholinergic Activity In MSG-Obese Rats Submitted To Exercise. *Canadian Journal Of Physiology And Pharmacology* 89(11), 845-853.
- Sasano T., Satoh-Kuriwada S., Shoji, N., Sekine-Hayakawa, Y., Kawai, M., Uneyama, H. (2010). Application Of Umami Taste Stimulation To Remedy Hypogeusia Based On Reflex Salivation. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*. 33 (11), 1791-1795.
- Sasano, T., Satoh-Kuriwada, S., Shoji, N., Likubo, M., Kawai, M., Uneyama, H. ve Sakamoto, M. (2014). Important Role Of Umami Taste Sensitivity In Oral And Overall Health. *Current Pharmaceutical Design*. 2014; 20 (16), 2750-2754.
- Shiffman S. S., Warwic Z. S. (1993). Effect of flavorenhancement of foods for the elderly on nutritional status. Food intake, biochemical indices, and anthropometric measures. *Physiology and Behavior*, 53, 395-402.
- Schiffman, S.S., Miletic, I.D. (1999). Effect Of Taste And Smell On Secretion Rate Of Salivary Iga In Elderly And Young Persons. *The Journal Of Nutrition, Health & Aging*, 3 (3): 158-164.
- Scott, K. (2005). Taste Recognition: Food for Thought. *Neuron*, 48 (3), 455-464.

- Toyama K., Tomoe A. K., Inoue B. Y., Sanbe B. A., Yamamoto Sh. (2008).
A possible application of
monosodium glutamate to nutritional care for elderly people.
Biological and Pharmaceutical Bulletin, 31(10), 1852–1854.
- Uneyama, H., Kawai, M., Sekine-Hayakawa, Y., Torii, K. (2009).
Contribution Of Umami Taste Substances In Human
Salivation During Meal. *The Journal Of Medical Investigation*, 56
Suppl: 197–204.
- Vu Thi Thu, H., Wakita, A., Shikanai, S., Iwamoto, T., and Wakikawa, N.
(2013). Epidemiological Studies of
Monosodium Glutamate and Health. *Journal of
Nutrition and Food Sciences* S10-009.
- Yamaguchi S, Takashashi C. (1984). Interaction of MSG and NaCl on
saltiness and palatability of clear soups. *J Food Sci*, 49, 82-85.
- Yamaguchi, S. ve Ninomiya, K. (2000). Umami and food palatability.
Journal Nutrition. 130, 921–926.
- Wang, H., Zhou, M., Brand, J., Huang, L. (2009).
Inflammation And Taste Disorders: Mechanisms In Taste Buds. *Annals
Of The New York Academy Of Sciences*. 1170, 596–603
- WHO. (2012). Guideline: Sodium Intake for Adults and Children. WHO
Document Production Services, Geneva, Switzerland.
- Williams A.N, Woessner K.M. (2009). Monosodium Glutamate Allergy:
Menace or Myth? *Clinical and Experimental Allergy*. 2009;39(5):640-
6.

BİTKİSEL SÜTLER PLANT-BASED MILK

1. Nuray GÜZELER* & 2. Mustafa Kadir ESEN**

ÖZET

Canlının büyümesi ve gelişmesi için başta gelen besinlerden biri de süttür. Süt; dişi memeli hayvanların doğurdukları yavruları beslemek için süt bezlerinde salgılanan, beyaz renkli bir sıvıdır. İnsan sağlığı açısından oldukça önemli bir yere sahip olan süt yeterli ve dengeli beslenme için gerekli olan protein, yağ, laktoz, vitamin ve mineralleri içerir. Bu özelliklerin yanında vücut fonksiyonlarının gelişmesini sağlayan, kemik ve diş sağlığında önemli rolü olan temel bir gıda maddesidir. Süt dendiğinde yaygın kullanımından dolayı inek sütü anlaşılır. Koyun sütü, keçi sütü, manda sütü, eşek sütü, deve sütü, kısrak sütü gibi sütler elde edildiği canlıya göre isimlendirilir. Dünyada nüfus artışının hızlı olmasından dolayı doğal kaynakların günden güne sınırlı olması, bu kaynakların ekonomik bir şekilde değerlendirilmesini gerektirir. Bu sebeple günümüzde yapılan çalışmalar bitkisel kaynaklı sütlerin elde edilmesi, araştırılması ve geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bitki bazlı sütler, hayvansal sütlerin yerine kullanılan, birçok bitkiden farklı yollarla elde edilen, bileşimi bitkinin çeşidine göre değişen gıda maddeleridir. Besin değerleri bakımından inek sütüne yakın olduğu için hayvansal sütlere alternatif olarak soya sütü tercih edilmektedir. İnek sütüyle ilgili problemlerin kaynağı olan laktoz bitkisel sütlerde bulunmamaktadır. Badem sütü kadar bilinmese de fındık sütünün yavaş yavaş üretimi artmaktadır. Yüksek lif içermesi bakımından yulaf sütü bağırsak duvarlarını temizlemek ve kan dolaşımını arındırmak için kullanılmaktadır. Hindistan cevizi sütü olgun Hindistan cevizlerinden elde edilir. Pirinci pişirdikten sonra geriye kalan su olan pirinç sütü son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada bitki bazlı sütlerin tanımları, özellikleri, üretimleri ve yararları incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: bitkisel süt, soya sütü, badem sütü, yulaf sütü

ABSTRACT

One of the most important nutrients for the growth and development of living things is milk. Milk is a white liquid that is secreted in the milk gland to feed offspring of female mammals. Having a very important place in terms of human health, milk contains protein, fat,

* (Prof. Dr.); Çukurova Üniversitesi, Gıda Mühendisliği. E-mail: nsahan@cu.edu.tr

** (Doktora Öğrencisi); Çukurova Üniversitesi, Gıda Mühendisliği. E-mail: esenmustafakadir@gmail.com

lactose, vitamins and mineralsthat are necessary for adequate and balanced nutrition. In addition to these properties, it is a basic food substance that plays an important role in bone and dental health, which enables the development of body functions. Due to its widespread use in milk, it is understood to be cow's milk. It is named according to the living creature in which milks such as sheep's milk, goat's milk, donkey milk, water buffalo milk, mare milk is obtained.

The fact that natural resources are limited today and day due to the rapid increase of the population in the world requires that these resources be evaluated economically. For this reason today's studies have made it possible to obtain, research and develop plant-based milk. Plant-based milk is a foodstuff which substitutes for animal milk, obtained from several plants, varies its composition according to the plant variety. Soy milk is preferred as an

alternative to animal milk because it is close to cow's milk according to nutritional value. Lactose, which is the source of problems with cow's milk, is not found in the plant-based milk. Although it is not known as almond milk, the production of hazelnut milk is gradually increasing. For high fiber content, oat milk is used to clean the intestinal walls and purify the blood circulation. Coconut milk is obtained from mature coconuts. Rice milk, which is the remaining water after rice cooked, is widely used in recent years. In this study, definitions, characteristics, productions and benefits of plant-based milk were examined.

Keywords: plant-based milk, soy milk, almond milk, oat milk.

Giriş

Süt; dişi memeli hayvanların yavrularını beslemek için, süt bezlerinde salgılanan, kendine özgü tat ve kokusu olan beyaz-krem renginde bir sıvıdır (Yerlikaya ve Karagözlü, 2008; Durlu-Özkaya ve ark., 2013). İnsanların ve yavru hayvanların beslenmesinde birinci sırayı alan gıda maddesi süttür (Demirci, 1981). Canlının büyümesi ve gelişmesi için tüketilmesi gereken süt yeterli ve dengeli beslenme için gerekli olan hayvansal kaynaklı protein, yağ, laktoz, vitamin ve mineral maddeleri içerir. Bu özelliklerin yanında vücut fonksiyonlarının gelişmesini sağlayan, kemik ve diş sağlığında önemli rolü olan temel bir gıda maddesidir (Tarakçı ve ark., 2003). Sütteki proteinler biyolojik açıdan yüksek değerli proteinlere dahildir (Uzunöz ve Gülşen, 2007). Süt dendiğinde yaygın kullanımından dolayı inek sütü anlaşılır ve diğer

sütlerden elde edildiği hayvanın isimleriyle bahsetmek daha doğru olur (Durlu-Özkaya ve ark., 2013).

Keçi sütünün endüstrideki önemi, özellikle de keçi sütünden üretilen peynir ve dondurma sektörü, son yıllarda dünyanın birçok bölgesinde gelişme gösteren bir gıda sektörü olarak görülmektedir. Bazı üstün özelliklerinden dolayı koyun ve sığır sütlerinden farklı olan keçi sütü, Türkiye’de de son zamanlarda artan miktarda bazı süt ürünlerinde kullanılmakta ve beğenilerek tüketilmektedir. Küresel ısınmaya bağlı coğrafi şartların giderek kötüleşmesinden dolayı keçi endüstrisinin gelecekteki önemini muhtemelen daha da artıracaktır (İlhan ve ark., 2011).

Koyun sütü; protein, yağ ve mineral maddeler açısından zengin olup bileşimindeki protein ve yağ oranının yüksek olmasından dolayı diğer sütlerden ayırt edilmektedir. Koyun sütünün kurumadde oranı (yaklaşık %19) inek sütünden %50 oranında daha fazladır (Anon.,2018a). Koyun sütünün rengi inek sütüne oranla daha beyaz ve tat, koku açısından daha yoğundur. Bu nedenle içme sütü olarak uygun değildir (Kiper, 2016).

Manda sütü bileşim olarak inek sütüne göre daha çok kurumadde, mineral, yağ ve protein içermektedir. Ayrıca manda sütünün ayırıcı özelliklerinden biri de yüksek yağ ve kalori içermesidir. İnek sütü gibi manda sütünden tereyağı, kaymak, sert ve yumuşak peynir, dondurma, yoğurt gibi pek çok ürün elde edilmektedir (Atasever ve Erdem, 2008).

Besleyici ve işlevsel niteliklerinin yanı sıra, özellikle inek sütü proteini alerjisi bulunan bireylerin beslenmesinde alternatif bir kaynak olmasından dolayı son yıllarda eşek sütüne karşı artan bir ilgi vardır. Özellikle lipit ve protein kompozisyonu açısından anne sütüne, benzerlik göstermektedir (Güzeler ve ark., 2016; Budak ve Gürsel, 2012).

Deve sütü önemli bir hayvansal süt kaynağıdır. Bazı ülkelerde geniş ölçüde deve popülasyonlarına ev sahipliği yapan deve sütü, insan diyetinin ana bileşenlerinden biridir (Farah ve ark., 1992). Kurak ve sıcak bölgelerde deve sütü insan beslenmesinde önemli bir role sahiptir. Deve sütü, sığır sütünde bulunan tüm temel besin maddelerini içerir (Al Haj ve Al Kanhal, 2010).

Sindirilme oranının yüksek olması ve organizma için gerekli esansiyel besin öğeleri içeriğinin yeterli olması nedeni ile kısrak sütünün

özellikle çocukluk döneminde beslenmede önemli bir yeri olmasını sağlamıştır (Anon., 2017b).

Dünyada nüfus artışının hızlı olmasından dolayı doğal kaynakların günden güne sınırlı olması, bu kaynakların ekonomik bir şekilde değerlendirilmesini gerektirir. Bu sebeple günümüzde yapılan çalışmalar hayvansal ve bitkisel protein kaynaklarının, araştırılması ve geliştirilmesine olanak sağlamıştır (Gürsoy ve ark., 1999).

Son zamanlarda, soya sütü, hindistan cevizi sütü, badem sütü, pirinç sütü ve yulaf sütü gibi süt dışı süt ürünleri, yüksek fonksiyonel özelliklerinden dolayı tüketicilerin tercih sebebi olmuştur. Bu tür tahıl sütleri kolesterol veya laktoz içermediğinden dolayı, özel diyetleri olan veya laktoz intoleransı olan vejeteryanlar tarafından tercih edilmektedir (Hamad ve ark., 2016).



Şekil 1. Bitkisel sütlerin genel üretimi (Makinen ve ark., 2016)

Bitki bazlı sütler, çözünmüş ve parçalanmış bitki materyali içeren kollodial süspansiyonlar ve emülsiyonlardır. Geleneksel olarak hammaddeyi sulu hale getirerek ve kaba parçacıkları çıkarmak için süzerek hazırlanır. Prosesin birçok çeşidi olmasına rağmen, endüstriyel olarak aynıdır. Bitkiden süt bileşenlerini çıkarmak için ıslatma ve ıslak öğütme veya hammaddenin kuru öğütmesi ve unun su içinde ekstrakt edilmesi uygulanır. Öğütmeden kalan atıklar filtreleme ve boşaltma ile

ayrılır. Ürüne bağlı olarak, şeker, tatlandırıcılar, yağ ve stabilizatörler gibi bileşenlerin standartlaştırılması veya ilavesi, bunu takiben süspansiyon ve mikrobiyalstabiliteyi geliştirmek için homojenizasyon ve pastörizasyon / UHT işlemi gerçekleştirilebilir (Makinen ve ark., 2016).

Soya Sütü

Leguminosae takımının Papilionata familyasından olan soya, kazık köklü kültür bir bitkidir. Soya tohumunun besleyici değeri oldukça yüksek olup, yuvarlak ve uzunca olup sarı, siyah, kahverengi ve yeşil çeşitleri vardır. (Gürsoy ve Gökçe, 2001).

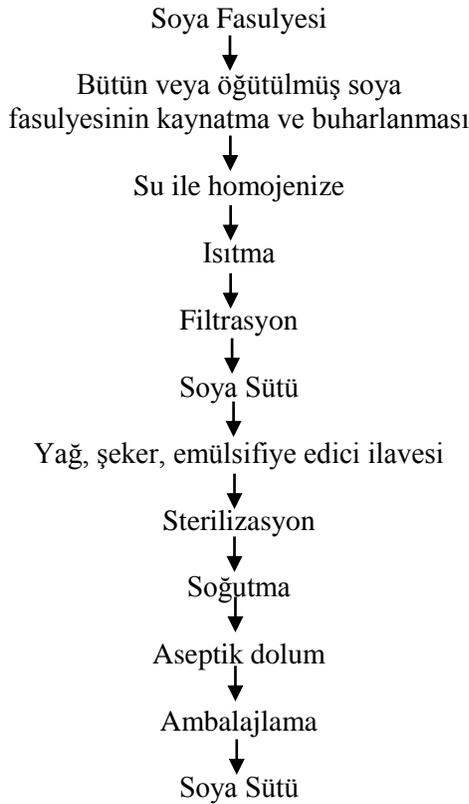
Soya fasulyesi bileşiminde %40 protein ve %20 yağ içeren yoğun bir gıda maddesidir (Kesenkaş ve ark., 2013). Soya ürünleri, yüksek oranda soya proteini, izoflavonlar, omega-3-yağ asidi ve diyet lifi ile potansiyel fonksiyonel gıda bileşenleridir. Soya ürünleri menopoz semptomlarını azaltmanın yanında kanser, osteoporoz, böbrek hastalığı ve kalp hastalığı gibi hastalıkların önlenmesi, tedavisi ve riskinin azaltılmasında potansiyel rolleri olduğu bilinmektedir. (Nilufer-Erdil ve ark., 2012). Soya proteini, tüm temel amino asitleri içeren tek sebze ürünü olduğundan dolayı insan beslenmesinde hayvansal proteinler yerine sıklıkla kullanılır (Singh ve Vij, 2018).

Çizelge 1. Soya sütü bileşimi (Artık, 1989).

| Bileşim | Soya Sütü |
|----------------------|-----------|
| Su (%) | 90.8 |
| Protein (%) | 3.6 |
| Yağ (%) | 2 |
| Karbonhidrat (%) | 3.1 |
| Kül (%) | 0.5 |
| Kalsiyum (mg/100g) | 15 |
| Fosfor (mg/100g) | 49 |
| Demir (mg/100g) | 1.2 |
| Sodyum (mg/100g) | 2 |
| Potasyum (mg/100g) | 90 |
| Thiamin (mg/100g) | 0.03 |
| Riboflavin (mg/100g) | 0.02 |

| | |
|------------------|-----|
| Niasin (mg/100g) | 0.5 |
|------------------|-----|

Soya sütü soyadaki bileşenlerin hemen hemen hepsini içermektedir. Genel olarak soya sütü, su:fasülye oranına baēlı deēiim göstererek %8-10 toplam kurumadde içermektedir. Kurumaddenin%3.6'sını protein oluşturmaktadır. Bileşimi açısından inek sütü ve insan style karılatırılabilir düzeydedir. Kolesterol ve laktoz içermemesi temel stnlklerindenidir. Ayrıca soya sütü insan ve inek sütüne göre daha yüksek protein, demir, doymamış yaē asitleri ve niasin içerirken, daha düşük yaē, karbonhidrat ve kalsiyum içermektedir (Nilüfer ve Boyacıoēlu, 2008).



ŗekil 1. Soya Sütü retimi (Watanabe ve Kishi, 1984)

Soya sütü, soya fasülyesinin ıslatılıp oētlmesinden sonra szlme işlemine tabi tutulması ile elde edilen bir üründür (Anon., 2016).

Soya sütü, soya fasulyesinin su ztdr ve görünüm ve bileşim açısından süte benzemektedir (Liu, 2004).

FAO'nun belirlediği limitlere bakıldığında soya proteinleri methionin ve triptofan dışındaki tüm esansiyel amino asitleri içermektedir. Buna ilaveten doymamış yağ asitlerinden linolenik ve linoleik yağ asitlerinin kaynağı olup içerdiği Ca, P ve demir gibi mineral maddeler inek sütünden daha yüksektir (Temiz ve Hurit, 2005).

Soya sütünün inek ve insan sütüne alternatif olabilecek nitelikte olmasından dolayı, bu bitkisel süte gıda ve beslenme uzmanlarının ilgisi artmaktadır. Ayrıca inek ve insan sütünün bazen çocuklarda alerjik olmasından, anne sütünün bulunmasının belirli periyotlarda mümkün olmasından dolayı soya sütü tercih edilmektedir. Basit bir üretimi olan bu bitkisel süt her zaman mümkün olacağı gibi maliyet bakımından da uygundur (Artık, 1989).

Badem ve Fındık Sütü

Badem, badem kurabiyesi, badem ezmesi ve badem sütü de dahil olmak üzere çeşitli geleneksel ekmek ve Şekerleme rnlerinin elde edilmesinde büyük ölçüde kullanılmaktadır. Bu rnlerin üretimindeki ilk işlem, sıcak suyun içinde ağartma sonrasında mekanik soyma yoluyla, kahverengi kısmın bademden çıkarılmasıdır (Pasqualone ve ark., 2018). İnek sütünün çabuk bozulmasından dolayı badem sütü, orta ağ mutfaklarının hammaddesiydi (Fasoli ve ark., 2011).

Badem sütü, bademleri su ile parçalayarak elde edilen kolloidal bir dispersiyondur. Bu bitki bazlı içecek, laktoz intoleransı olan tüketicilere ve inek sütünün aşırı duyarlılığına ve hayvansal süte alternatif olarak bitki bazlı içecekleri arayanlara yöneliktir (Dhokal ve ark., 2014). Badem sütü, doymamış yağ asitleri ve diğer faydalı bitki bileşimlerinin içeriğinden dolayı sağlıklı gıda olarak tercih edilir (Briviba ve ark., 2016).

Geleneksel süt türevi muadillerine göre badem ürünlerinin, daha fazla lif, doymuş yağ asitlerinin olmayışı, kolesterol düşürücü etkisi ile kardiyovasküler riski azaltan ve yüksek E vitamini içeriği diğer potansiyel avantajları arasındadır. Piyasada satılan badem sütünün genellikle protein, kalsiyum ve D vitamini ile desteklendiği unutulmamalıdır. Bu sebeple ev yapımı badem sütü proteinin 1/8'ini içerir (Ellis ve Lieb, 2015).

Soya sütü dışındaki bitkisel sütlerin kullanımı ile ilgili araştırmalar hala yetersizdir ve çoğu araştırma bu tür ürünlerin besin kalitesi ile ilgilidir. Badem ve fındıklı içecekler, laktoz intoleransı olan kişiler, hamile kadınlar ve lyaklarda, yüksek kalsiyum, fosfor ve potasyum oranlarından dolayı sütün bir alternatifi olarak kullanılmaktadır (Bernat ve ark., 2015a).



şekil 2. Badem Sütü retimi (Dhakal ve ark., 2014)

Evde hazırlanabilecek badem sütünde bademler 1 gece önceden suda bekletilir. Ertesi gün bademler süzülerek mikserin içine konulur. Bir miktar su ile mikserden geçirilir. Mikserden geçirdikten sonra süzülerek iime hazır hale getirilir (Anon., 2018d).

Çizelge 2. Badem sütü bileşimi (%) (Hasan, 2012)

| Bileşim (%) | Badem Sütü |
|--------------|------------|
| Kurumadde | 3.51 |
| Yağ | 1.82 |
| Protein | 0.90 |
| Kül | 0.11 |
| Karbonhidrat | 0.68 |

İçerdiği protein, karbonhidrat, yağ, mineraller, vitaminler, diyet lifleri, tokoferoller, fitosteroller ve fenolik bileşiklerden dolayı fındık insan sağlığı ve beslenmesinde önemli bir role sahiptir (Gul ve ark., 2017). Fındık çekirdekleri antioksidan olan Vitamin E için mükemmeli bir fitokimyasal kaynağıdır (Maleki ve ark., 2015)

Fındık sütü hayvansal sütlere alternatif olarak tüketilen bitki bazlı bir iecedir. Badem sütü kadar bilinmese de sağlığa yararlı birçok özelliği vardır. Fındık sütleri gluten, laktoz ve soya içermez. Kalorileri

düşük olan bu içecek kolesterol ve doymuş yağ içermez. Kan oluşumu için gerekli olan B1, B2 and B6 vitaminleri için iyi bir kaynaktır (Anon., 2013).

Çizelge 3. Fındık sütü besin değerleri (Anon., 2017c)

| Bileşim (241 g) | Fındık Sütü |
|------------------------|--------------------|
| Enerji | 110 kkal |
| Toplam yağ | 3.7 g |
| Doymuş yağ | 0.3 g |
| Sodyum | 8.8 mg |
| Potasyum | 48 mg |
| Toplam karbonhidrat | 19 g |
| Lif | 0.7 g |
| Şeker | 14 g |
| Protein | 1.2 g |

Maleki ve ark. (2015), yaptığı bir araştırmada fındık sütünü şu şekilde elde etmişlerdir. Fındıklar $35 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 24 saat kurutulduktan sonra manuel olarak çatlatıldı ve kabukları çıkarıldı. Fındıklar, gece boyunca suya batırıldıktan sonra dış yüzeyi el ile çıkarılarak soyuldu. Dış yüzeyinin çıkarılmasından sonra, çekirdekler laktoz kaynağı olan peyniraltı suyu ile karıştırıldı. Ardından mikser ile 5 dakika öğütüldü. Elde edilen sulu karışım, çift katmanlı tülbentten süzülerek konteynirlara yerleştirildi ve bir su banyosu kullanılarak 15 dakika 70°C 'de pastörize edildi (Maleki ve ark., 2015).

Yulaf Sütü

Yulaf ve yulaf ürünleri, çözünebilir diyet lifi (β -glukan) ve fitokimyasalların önemli miktarları için iyi bir kaynak olup, protein, lipitler, mineraller ve vitaminler açısından zengindir (Deswal ve ark., 2014a). Yulaf protein içeriği genellikle % 15-20 arasında değişmekte ve

globulinler yulafın ana proteinleridir (% 70-80). Yulaf proteininin günümüzde tüketilen çoğu tahıldan daha besleyici olduğu belirtilmektedir (Deswal ve ark., 2014b).

Yulafın hipertansiyonun etkilerini modüle etmede, toplam serum ve LDL kolesterol düzeyini düşürmede, kan glukozunu ve insülin seviyelerini düzenlemede, kilo kontrolünde ve gastrointestinal sağlığı desteklemede etkili olduğu bildirilmiştir. Bu etkilerin çoğu, esas olarak β -glukanlar olan diyet liflerinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Dinkçi ve ark., 2015).

Yulaf sütü suda bekletme ve soyulmuş yulafları öğütürek üretilir (Bernat ve ark., 2015b). Yulaf sütü, çelik yelpazenin belli bir süre suya batırılmasıyla elde edilen özel bir süt şeklidir. Elde edilen harman daha sonra karıştırılır ve gerilerek aromada ve besin maddelerinde zengin, ağır köpüklü bir süt olur. Özellikle laktoza intoleranslı insanlar için İskandinavya'dan Asya'ya kadar, yulaf sütü geleneksel sütlere alternatif olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. İnek sütü veya keçi sütü ile aynı besin maddelerini içermemesine rağmen yulaf sütünün bileşimi farklıdır, bu da bazı insanlara çekici gelmesini sağlar (Anon.,2017a).

Çizelge 4. Yulaf Sütü Besin değerleri (Anon., 2018e)

| Besin Değerleri (100 ml) | Yulaf Sütü |
|--------------------------|--------------|
| Enerji | 182kJ/43kcal |
| Yağ | 1.3 g |
| Karbonhidrat | 7.0 g |
| Lif | 1.4 g |
| Protein | 0.3 g |
| Tuz | 0.13 g |

Yulaf sütünün bir fincan porsiyonu, 130 kalori, 2.5 g toplam yağ, 0 gr doymuş yağ, 2 gram lif, 4 gram protein sağlar. İnek sütü ve soya sütü ile karşılaştırıldığında, daha az proteine sahiptir, ancak badem, hindistancevizi ve pirinç sütü gibi diğer bitkisel içecekler ile karşılaştırıldığında, daha fazla proteine sahiptir (Anon., 2018f). Yüksek lif içermesi bakımından yulaf sütü bağırsak duvarlarını temizlemek ve kan dolaşımını arındırmak için kullanılmaktadır (Anon., 2018c).

Hindistan cevizi Sütü

Hindistan cevizi et, meyve suyu, süt ve yağ kaynağı olarak kullanılmaktadır. Hindistan cevizi son derece besleyicidir ve lif, vitamin ve mineraller bakımından zengindir. Ayrıca besin içeriğinin yanında sağlık açısından yararlıdır. Ayrıca hindistan cevizi, dünya nüfusunun yaklaşık üçte biri için ekonomik kaynaklardan biri olmuştur (Aziz ve ark., 2012).

Yapılan bir araştırmada hindistan cevizi sütü, sert kabuğunun çıkarılması ve kör bir bıçak kullanılarak kabuktan etinin ayrılmasıyla hazırlanmıştır. Kahverengi deri jilet yardımıyla hindistan cevizinin etinden çıkarılmış ve et iyice yıkanarak rendelenmiştir. Rendelenmiş et bir kaba konulmuş ve yağ, süt ve aromatik bileşikleri çıkarmak için üzerine ılık su ilave edilerek birkaç dakika beklemeye bırakılmıştır. Daha sonra ekstrakt 0.18 mm'lik elek yardımıyla filtre edilerek tatlı Hindistan cevizi aromalı süt beyazı opak bir emülsiyon elde edilmiştir (Belewu ve Belewu, 2007).

Çizelge 5. Hindistan cevizi sütü bileşimi (Seow ve Gwee, 1997)

| Bileşim (%) | Hindistan Cevizi Sütü |
|--------------|-----------------------|
| Su | 53.9 |
| Yağ | 34.7 |
| Protein | 3.6 |
| Kül | 1.2 |
| Karbonhidrat | 6.6 |

Hindistan cevizi sütü yağ bakımından zengindir. Hindistan cevizi sütünün bileşimi, ekstraksiyon için kullanılan su miktarına bağlıdır ve önemli ölçüde nem ve yağ içeriğini etkiler (Hamad ve ark., 2016).

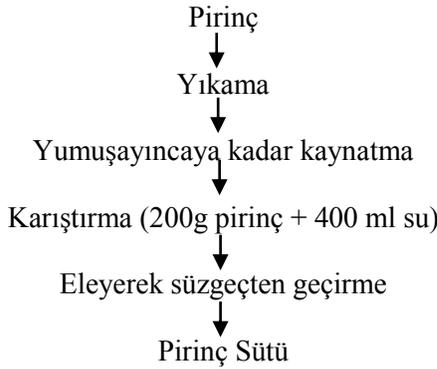
Hindistan cevizi sütü direkt veya pişmiş gıda ile tüketilir. Hindistan cevizi sütü balık veya et körlerinin hazırlanmasında, bu tür gıdaların kaynatılması için sıvı olarak eklenir. İnek sütü eşit miktarda yağ ve protein içerirken, hindistan cevizi sütü proteinlerden on kat daha fazla yağa sahiptir (Nadeeshani ve ark., 2015).

Hindistan cevizi sütünün anemiyi engellediği, kalp işleyişini düzenlediği, kas yorgunluğunu hafiflettiği belirtilmiştir (Anon., 2015).

Pirinç Sütü

Pirinç sütü en iyi hipoalerjenik süt olarak kabul edilmektedir. Soya sütü ve inek sütü alerjisi olanlara ve laktoz intoleransı olan kişilere pirinç sütü tavsiye edilir. Pirinç sütü bağışıklık sistemini güçlendirir ve yüksek miktarda selenyum ve magnezyum içermesi nedeniyle vücudu istila eden bakterilere ve virüslere karşı direnç sağlar (Abou-Dobara ve ark., 2016).

Pirinç sütü, öğütülmüş pirincin sıcak su ile mekanik olarak ekstraksiyonu veya tahıl tanesinin enzimatik sıvılaşması ile elde edilir. Ayrıca, piyasadaki pirinç sütü genellikle mineraller ve vitaminler ile desteklenir (Shannon ve Rodriguez, 2014).



Şekil 2. Pirinç Sütü Üretimi (Adewale ve ark., 2013)

Pirinçler iyice yıkanarak ve büyük bir tencerede tutulur. Suyu kaynatıldıktan sonra yumuşak bir içerik elde edilene kadar iki kez karıştırılır. Harmanlanmış pirinç, iyi bir dokuya sahip olacak şekilde iki kez elenerek pirinç sütü elde edilir (Adewale ve ark., 2013).

Son yıllarda oldukça popüler olan pirinç sütü pirinci pişirdikten sonra geriye kalan su olarak tanımlanmaktadır. Pirinç sütü vitamin ve mineral yönünden zengindir ve hatta anne sütü üretimini hızlandırdığı bildirilmiştir (Anon., 2018b). Çizelge 6'da Pirinç sütünün bileşimi verilmiştir.

Çizelge 6. Pirinç sütü bileşimi (Adewale ve ark., 2013)

| Bileşim (%) | Pirinç Sütü |
|--------------|-------------|
| Nem | 18.75 |
| Protein | 15.55 |
| Karbonhidrat | 57.30 |

| | |
|----------------------|------|
| Yağ | 0.79 |
| Lif | 1.45 |
| Enerji/100g (kalori) | 340 |
| Kalsiyum (mg) | 6.5 |
| Fosfor (mg) | 130 |
| Potasyum (mg) | 100 |
| Sodyum (mg) | 7 |
| Magnezyum (mg) | 70 |

Çizelgeye bakıldığında pirinç sütü yaklaşık %19 su, %16 protein, %57 karbonhidrat %1 yağ ve %1 lif içermektedir.

Sonuç

Canlının büyümesi ve gelişmesi için temel besin kaynağı süttür. İnsan sağlığı açısından hayvansal sütleri tüketmek oldukça önemlidir. Dünyada nüfusun artmasıyla doğal kaynaklar yetersiz hale gelmektedir. Her ne kadar hayvansal sütler yaygın olsa da pek çok kişi yeni alternatifler aramaya başlamıştır. Özellikle laktoz intoleransı olan kişiler, vegan beslenen kişiler bitki bazlı sütlere yönelmeye başlamıştır. Sağlık için de yararlı olan bu sütler çoğu kişinin ilgisini çekmektedir. Fakat soya sütü hariç diğer bitki bazlı sütler hakkında akademik anlamda araştırmalar yetersizdir. Bu yüzden bitkisel sütler hakkında daha çok araştırma yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Abou-Dobara M.I., Ismail M.M., ve Refaat N.M. (2016). Chemical Composition, Sensory Evaluation and Starter Activity in Cow, Soy, Peanut and Rice Milk. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*. Vol. 5. 1-8.
- Adewale, B. M., Kafayat, B., ve Nosimot, B. (2013). Rice-Coconut Yoghurt: Preparation, Nutritional and Sensory Qualities. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 3(12), 924.
- Al Haj O.A., ve Al Kanhal, H. A. (2010). Compositional, Technological and Nutritional Aspect of Dromedary Camel Milk. *International Dairy Journal*, 20(12), 811-821.

- Anonymous(2013). TheAmazing World of Plant-BasedMilks: HazelnutMilkChoices. <https://www.onegreenplanet.org/vegan-food/the-amazing-world-of-plant-based-milks-hazelnut-milk-choices/>. (ET:17.04.2018)
- Anonymous(2015). Hindistan Cevizi Sütü Nasıl Kullanılır: Hindistan Cevizi Sütünün Faydaları. <http://www.bitkiselcareler.com/hindistan-cevizi-sutu-nasil-kullanilir-hindistan-cevizi-sutunun-faydalari.html>. (ET:17.04.2018)
- Anonymous (2016). Soya Sütü Faydaları ve Zararları. <https://www.beslenmerahberim.net/soya-sutu-faydalari-ve-zararlari/>. (ET:17.04.2018)
- Anonymous (2017a). Yulaf Sütü: Faydalar Ve Beslenme Gerçekleri. <https://bukadarnet.com/saglik/yulaf-sutu-faydalar-ve-beslenme-gercekleri/>. (ET:17.04.2018)
- Anonymous (2017b). Kısırak Sütü ve Kımız. <https://www.sutdunyasi.com/makaleler/bilimsel/kisrak-sutu-kimiz/>. (ET:17.04.2018)
- Anonymous (2017c). HazelnutMilk. <https://www.nutritionix.com/i/nutritionix/hazelnut-milk-1-cup/587955a51b98c00a23eb4767>. (ET:17.04.2018)
- Anonymous (2018a). İnek, Koyun, ve Keçi Sütü Arasındaki Farklar. http://www.suturunleri.com/tr/bilgiler/bilgiler_detay.asp?id=149. (ET:17.04.2018)
- Anonymous (2018b). Pirinç Sütünün Sağlığa Faydaları. <https://sagligabiradim.com/pirinc-sutunun-sagliga-faydalari/>. (ET:17.04.2018)
- Anonymous (2018c). Yulaf Sütü: Yaraları ve Yapılışı. <https://sagligabiradim.com/yulaf-sutu-yararlari-ve-yapilisi/>. (ET:17.04.2018)
- Anonymous (2018d). Badem Sütü Nasıl Yapılır. <https://www.lorganik.com/badem-sutu-nasil-yapilir.html>. (ET:17.04.2018)

- Anonymous (2018e). Alpro Yulaf İçeceği. <https://www.alpro.com/tr/%C3%BCr%C3%BCnler/i%C3%A7ecekler/yulaf/orijinal>. (ET:17.04.2018)
- Anonymous(2018f). What Is OatMilkand Is ItHealthy? <https://www.shape.com/healthy-eating/healthy-drinks/oat-milk-nutrition-dairy-free-milk>. (ET:17.04.2018)
- Artık, N. (1989). Türkiye’de Yetiştirilen Bazı Soya Varyetelerinden Elde Edilen Soya Sütlerinin Amino Asit Profilinin Belirlenmesi. *Gıda Dergisi*, 14(6).
- Atasever S., ve Erdem H. (2008). Manda Yetiştiriciliği ve Türkiye’deki Geleceği. *OMÜ Zir Fak Derg*, 23(1): 59-64.
- Aziz, A. A., Aziz, R., Sarmidi, M. R., Suan, C. L., Annuar, N. A. S., Noor, N. M., veNor, N. A. (2012). FermentedCoconutMilkandCoconutOil.Handbook of Plant-BasedFermentedFoodandBeverageTechnology, 665-675.
- Belewu, M. A., veBelewu, K. Y. (2007). ComparativePhysico-Chemical Evaluation of Tiger-Nut, SoybeanandCoconutMilkSources. *Int. J. Agric. Biol*, 5, 785-787.
- Bernat, N., Cháfer, M., González-Martínez, C., Rodríguez-García, J., veChiralt, A. (2015b). Optimisation of OatMilkFormulationtoObtainFermentedDerivativesby Using ProbioticLactobacillusReuteriMicroorganisms. *FoodScienceandTechnology International*, 21(2), 145-157.
- Bernat, N., Chafer, M., Rodríguez-García, J., Chiralt, A., veGonzález-Martínez, C. (2015a). Effect of High PressureHomogenisationandHeatTreatment on PhysicalPropertiesandStability of AlmondandHazelnutMilks. *LWT-FoodScienceandTechnology*, 62(1), 488-496.
- Briviba, K., Gräf, V., Walz, E., Guamis, B., ve Butz, P. (2016). Ultra High PressureHomogenization of AlmondMilk: Physico-ChemicalandPhysiologicalEffects. *Foodchemistry*, 192, 82-89.
- Budak, Ş. Ö., ve Gürsel, A. (2012). Alternatif Bir Süt: Eşek Sütü. *Gıda Dergisi*, 37(4):243-250.
- Demirci, M. (1981). Sütün Mineral Maddeleri ve İnsan Beslenmesindeki Önemi. *AÜ. Ziraat Fakültesi, Ziraat Dergisi* 12:1.

- Deswal, A., Deora, N. S., ve Mishra, H. N. (2014a). Effect of Concentration and Temperature on the Rheological Properties of Oat Milk. *Food and Bioprocess Technology*, 7(8), 2451-2459.
- Deswal, A., Deora, N. S., ve Mishra, H. N. (2014b). Optimization of Enzymatic Production Process of Oat Milk Using Response Surface Methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 7(2), 610-618.
- Dhakal, S., Liu, C., Zhang, Y., Roux, K. H., Sathe, S. K., ve Balasubramaniam, V. M. (2014). Effect of High Pressure Processing on the Immunoreactivity of Almond Milk. *Food Research International*, 62, 215-222.
- Dinkçi, N., Kesenkaş, H., Korel, F., ve Kımık, Ö. (2015). An Innovative Approach: Cow/oat Milk based Kefir. *Mljekarstvo / Dairy*. 65. 177-186.
- Durlu-Özkaya, F., ve Coşansu S., Ayhan, K. (2013). Her Yönüyle Gıda. Sidas Media Ltd. Sti.
- Ellis, D., ve Lieb, J. (2015). Hyperoxaluria and Genitourinary Disorders in Children Ingesting Almond Milk Products. *The Journal of pediatrics*, 167(5), 1155-1158.
- Farah, Z., Rettenmaier, R., ve Atkins, D. (1992). Vitamin Content of Camel Milk. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 62(1), 30-33.
- Fasoli, E., D'Amato, A., Kravchuk, A. V., Citterio, A., ve Righetti, P. G. (2011). In-depth Proteomic Analysis of Non-Alcoholic Beverages with Peptide Ligand Libraries. I: Almond Milk and Orgeat Syrup. *Journal of proteomics*, 74(7), 1080-1090.
- Gul, O., Saricaoglu, F. T., Mortas, M., Atalar, I., ve Yazici, F. (2017). Effect of High Pressure Homogenization (HPH) on Microstructure and Rheological Properties of Hazelnut Milk. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 411-420.
- Gürsoy, O., ve Gökçe, R. (2001). Soya ve Ürünlerinde Fenolik Bileşikler Ve Beslenmeyi Kısıtlayıcı Faktörler. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 87-93.

- Gürsoy, O., Gökçe, R., ve Kınık, Ö. (1999). Beslenmede Yeni Yaklaşımlar: Soya Sütü ve Ürünleri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5(3), 1123-1130.
- Güzeler, N., Esen, M.K., ve Koboyeva F. (2016). Donkeymilk. 1st International Multidisciplinary Conference on NutraceuticalsandFunctionalFoods, Greece / Kalamata.
- Hamad, M. N. F., Ismail, M. M., El-Kadi, S. M. L., ve Shalaby, M. E. A. (2016). ChemicalComposition, Sensory Evaluation, Starter Activity andRheologicalProperties of CowandCoconutMilk. J. FoodandDairySci., MansouraUniv., Vol. 7 (6): 295- 298.
- Hasan, A.B. (2012). AlmondMilkProductionandStudy of QualityCharacteristics. Journal of Academia,Vol 2: 1-8.
- İlhan, Z., Taşal, İ., Sağcan, S., ve Solmaz, H. (2014). SubklinikMastitisli Keçi Sütlerinden Aerobik Bakterilerin İzolasyonu. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 22(2), 89-91.
- Kesenkaş, H., Akbulut, N., Yerlikaya, O., Akpınar, A., ve Açu, M. (2013). Kefir Dondurması Üretiminde Soya Sütünün Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 50(1), 1-12.
- Kiper, İ. (2016). Karayaka Irkı Koyunlarda Laktasyon Sayısının Süt Verimine ve Süt Özelliklerine Etkileri, Master'sthesis.
- Liu K. (2004).Soybeans as a Powerhouse of NutrientsandPhytochemicals. In: Liu K, ed. Soybeans as FunctionalFoodsandIngredients. Urbana: AOCS Press,1–22.
- Mäkinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., veArendt, E. K. (2016). Foodsfor Special DietaryNeeds: Non-dairyPlant-BasedMilkSubstitutesandFermentedDairy-TypeProducts. Critical reviews in foodscienceandnutrition, 56(3), 339-349.
- Maleki, N., Khodaiyan, F., veMousavi, S. M. (2015). Antioxidant Activity of FermentedHazelnutMilk. FoodScienceandBiotechnology, 24(1), 107-115.
- Nadeeshani, R., Wijayarathna, U. N., Prasadani, W. C., Ekanayake, S., Seneviratne, K. N., veJayathilaka, N. (2015). Comparison of thebasicnutritionalcharacteristics of thefirstextractandsecondextract of CoconutMilk. International

Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 4: 9516-9521.

- Nilufer-Erdil, D., Serventi, L., Boyacıoğlu, D., ve Vodovotz, Y. (2012). Effect of Soy Milk Powder Addition on Staling of Soy Bread. *Food Chemistry*, 131(4), 1132-1139.
- Nilüfer, D., ve Boyacıoğlu, D. (2008). Soya ve Soya Ürünlerinin Fonksiyonel Gıda Bileşenleri. *GIDA*, 33(5), 241-250.
- Pasqualone, A., Laddomada, B., Spina, A., Todaro, A., Guzmán, C., Summo, C., ... & Giannone, V. (2018). Almond by-products: Extraction and Characterization of Phenolic Compounds and Evaluation of Their Potential Use in Composite Dough with Wheat Flour. *LWT-Food Science and Technology*, 89, 299-306.
- Seow, C. C., ve Gwee, C. N. (1997). Coconut Milk: Chemistry and Technology. *International journal of food science & technology*, 32(3), 189-201.
- Shannon, R., ve Rodriguez, J. M. (2014). Total Arsenic in Rice Milk. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 7(1), 54-56.
- Singh, B. P., ve Vij, S. (2018). α -Galactosidase Activity and Oligosaccharides Reduction Pattern of Indigenous Lactobacilli during Fermentation of Soy Milk. *Food Bioscience*.
- Tarakçı, Z., Selçuk, Ş., Şahin, K., ve Coşkun, H. (2003). Üniversite Öğrencilerinin İçme Sütü Tüketim Alışkanlıkları Üzerine Bir Araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(1), 15-21.
- Temiz, H., ve Hurşit, A. K. (2005). İnek ve Soya Sütü Karışımların Duyusal Özelliklerine Peynir Suyu Ve Karbonat Kullanımının Etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(1), 1-5.
- Uzunöz, M., ve Gülşen, M. (2007). Üniversite Öğrencilerinin Süt ve Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 15-21.
- Watanabe, T., ve Kishi, A. (1984). *Nature's Miracle Protein: the Book of Soybeans*. Japan Publications.

Yerlikaya, O., ve Karagözlü, C. (2008). İnsan Beslenmesinde İnek Sütü.
Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum (Bildiri) 805-808.

**SURİYELİ DÜZENSİZ GÖÇMENLERİN DENİZDE
MEYDANA GELEN YASADIŞI GÖÇ EYLEMLERİNİN
İNCELENMESİ**
**INVESTIGATION OF THE ILLEGAL MIGRATION
ACTIONS THAT OCCURS BY SYRIAN IRREGULAR
MIGRANTS AT SEA**

Eren SALİHOĞLU¹ & Elif BAL BEŞİKÇİ²

Öz: Türkiye coğrafi konumunun bir etkisi olarak, çevre ülkelerinde yaşanan siyasi sorunlar ve göçmen politikasındaki ılımlı tavır nedeniyle, ekonomisi gelişmiş batı ülkeleriyle ekonomik koşullar ve yaşam standartları açısından yetersiz ülkeler arasında bir köprü görevi görmektedir. Bu özelliğiyle Türkiye, düzensiz göçten, transit ülke olarak etkilenmektedir. Son dönemde yaşanan Suriye kriziyle birlikte Türkiye büyük bir göç akınına maruz kalmış ve yaklaşık 2,8 milyon Suriyeli geçici koruma kapsamında Türkiye'ye sığınmıştır. Ancak aile birleşimi, sosyal imkanların gelişmişliği, iş olanakları ve refah seviyesi yüksek toplumda yaşama düşüncesi gibi bir çok sebeple Türkiye'de bulunan Suriyeliler yasa dışı olarak Avrupa ülkelerine geçmeye çalışmaktadır. Devletlerin kara sınırlarındaki denetimi arttırması ve denizlerdeki denetimin doğası gereği güç olması, düzensiz göçmenleri, hedef ülkelere geçiş için deniz yolunu kullanmaya yöneltmiştir. Ayrıca özellikle Ege'de Yunanistan'a ait adaların yakınlığı da göçmenlerin deniz yolunu seçmesini cazip kılmaktadır. Avrupa ülkelerine geçişte bir düzensiz göç rotası olarak kullanılan Türk kara suları binlerce göçmen tarafından adeta umut yolu olarak kullanılmaktadır. Bu geçişler denize elverişsiz ve yolcu kapasitesinden çok daha fazla yüklenen deniz araçlarıyla yapıldığından çoğu zaman can kayıplarına ve arama kurtarma operasyonlarına neden olmaktadır. Düzensiz göç ve Suriyeli göçmenlerin hukuki statüleri, ekonomik, kültürel ve politik etkileriyle ilgili yapılan bir çok çalışma bulunmakla beraber düzensiz göçmenlerin yasadışı denizden göç süreçleriyle ilgili fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmayla Birleşmiş Milletler Göç Örgütü, Frontex, Göç İdaresi Genel Müdürlüğü Meclis Araştırma Komisyonu ve Sahil Güvenlik Komutanlığı gibi kurum ve örgütlerin düzensiz göçle ilgili yayınladığı istatistikî bilgiler analiz edilmiştir. Çalışmada ayrıca göçmenlerin deniz yolu kullanılarak yaptığı

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi Deniz Ulaştırma Mühendisliği Doktora Öğrencisi

² Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Anabilim dalı

yasa dışı göç eylemleri öncesinde ve deniz geçişi aşamasında yaşadığı amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Göç, düzensiz göç, transit ülke, deniz yoluyla yasadışı göç

Abstract: Turkey, as an effect of its geographical location and due to the moderate political stance on immigration policy issues, has been a bridge between the developed western countries and the countries that are inadequate in terms of economic conditions and living standards. With this feature, irregular migration affects Turkey a transit country. With the recent crisis in Syria, Turkey has been exposed by large immigration flows and about 2.8 million Syrians have taken refuge in to Turkey as part of temporary protection. However, Syrians in Turkey attempts to cross to Europe by illegal ways, because of their family unity, the development of social facilities, job opportunities and the level of prosperity. The increasing control over territorial borders of governments and the difficulty of marine patrol activities has led irregular migrants to use seaway to reach country of the destination country. Especially, in addition to the nearness of the Greek islands in Aegean Sea, makes it attractive for immigrants to choose the seaway. The Turkish territorial waters, that are used as an irregular migration route in the transition to European countries, are almost used as a route of hope by thousands of immigrants. Because these transits are made with marine vessels that are inconvenient to sea and are much more loaded than their passenger capacity, they often cause loss of lives and rescue operations. There are many studies on irregular migration and legal status, economic, cultural and political influences of Syrian migrants, but there are not many about the illegal migration which occurs at sea. In this study, statistical information about irregular migration issued by organizations such as International Organization of Migration, Frontex, Turkish Directorate General of Migration Management, Turkish Parliamentary Investigation Committee, and Turkish Coast Guard is analyzed. The study also aimed to examine the process before and during the passage of irregular migrants illegal migration actions at sea. Additionally the reason why irregular migrants prefer the sea route was examined too.

Keywords: migration, irregular migration, transit country, illegal migration at sea

1.Giriş

Göç, bir kişinin yada bir grup insanın uluslar arası bir sınırı geçerek veya bir devlet içersinde yer değiştirmesi olarak tanımlanabilirken düzensiz göç terimi, gönderen, transit ve kabul eden ülkelerin düzenleyici normlarının dışında gerçekleşen hareketleri de kapsamaktadır. Başka bir deyişle düzensiz göç; hedef ülkeler açısından, göçle ilgili izin veya belgelere sahip olmadan bir ülkeye giriş yapmak veya kalmak yada çalışmak, gönderen ülke açısından ise bir kişinin geçerli seyahat belgesi olmadan uluslar arası bir sınırı geçmesi anlamındadır. (IOM, 2013) Uluslararası göç hareketlerinin bir çok sebebi olmakla birlikte 1970'lerden günümüze dek uluslararası göç eden insan sayısı artmıştır.1970 yılında uluslar arası göç eden insan sayısı dünya genelinde 84 milyon civarında iken bu sayı 2015 yılında 243 milyona ulaşmıştır. Bu sayıların dünya nüfusuna oranı 1970'lerde %2,3 iken 2015 yılında %3,3'e yükselmiştir. (IOM, 2017) Dünya Bankası tarafından yapılan 2010 yılı göç stoğu tahminlerine göre Dünya'daki göçmen stoğu 215 milyon 763 bin 515 iken, göçmen nüfusunun yaklaşık olarak %49,9 u gelir seviyesi yüksek OECD ülkelerinde bulunmaktadır. (Deniz, 2014) Bu oran ülkeler arası yapılan göçte hedef ülke konumunda ki ülkelerin göçmenler tarafından seçilmesinde ekonomik gelişmişliğin önemini göstermektedir.

Denizden yapılan denetimin kara ve havayoluna göre daha zor şartlarda olması göçmenlerin hedeflerine ulaşabilmek için tercih ettikleri yöntemi daha çok deniz yoluna yöneltmiştir. Dünya göç rotaları düşünüldüğünde Doğu Akdeniz göç yolu üzerinde kalan ve daha çok transit ülke konumundaki Türkiye'de denizden düzensiz göç, özellikle Ege'de Türk ana karasıyla Yunanistan adaları arasında gerçekleşmektedir. 2015 yılında deniz yolunu kullanarak Midilli Adası'na geçen düzensiz göçmen sayısı 510,592 iken bu sayı Yunanistan'a o yıl gelen düzensiz göçmen sayısının %59'unu oluşturmaktadır. (Yıldız, 2017; BMMYK, 2015) Aynı yıl Türk Sahil Güvenliği tarafından denizde meydana gelen 2430 düzensiz göç olayına müdahale edilmiş ve 91611 düzensiz göçmen yakalanmıştır. 279 düzensiz göçmen ise Yunan adalarına geçme çabası esnasında Türk Sahil Güvenliği tarafından ölü olarak bulunmuştur. (Sahil Güvenlik Komutanlığı, 2017)

2.Çalışmanın kapsam ve amacı

Bu çalışmayla, düzensiz göç olgusu ve nedenlerinden yola çıkılarak Suriyeli düzensiz göçmenlerin transit göç için deniz yolunu seçme nedenleri ve bu süreçte yaşadıkları istatistiki bilgiler ölçeğinde incelenmek istenmiştir. Çalışmanın kapsamını düzensiz göçle ilgili

çalışmalar yapan Birleşmiş Milletler Uluslararası Göç Örgütü, Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği, Frontex ve Türkiye’de düzensiz göçle mücadelede yetkili olan Göç İdaresi Genel Müdürlüğü ve Sahil Güvenlik Komutanlığı gibi kurumların raporları ve düzensiz göçle ilgili akademik çalışmalar oluşturmaktadır.

3.Göçün tarihi

Göç olgusunu ve nedenlerini anlayabilmek için öncelikle göçün tarihi gelişimini incelemek gerekir. Kısaca tarihte ki göç olaylarına bakacak olursak ilk önemli toplu göç hareketi, 4. yüzyıl ortalarında Çin’in egemenliğinden kurtulmak amacıyla batıya yönelen Hun’ların Karadeniz’in kuzeyine gelip burayı kendilerine yurt belirlemesi sonucunda o bölgedeki Cermen kavimlerinin yıllarca Avrupa Kıtası’na yerleşmesi sonucunu doğuran ve günümüz Avrupa coğrafyasının siyasi haritasının oluşmasının temelleri olarak kabul edilen Kavimler Göçü olduğu görülmektedir. (Deniz, 2014;Kınık, 2010)

16. yüzyıldan itibaren insanlar yeni bir hayat umuduyla kitleler halinde Avrupa’dan Amerika’ya göç etmiş ve yerleşmiştir.15. ve 18. yüzyıllar arasında Avrupalı tüccarlar Kuzey Afrika’dan topladıkları yaklaşık 15 milyon insanı köle olarak çalıştırmak üzere Güney Amerika’ya, Karayib Adalarına ve Brezilya’ya sevk etmişlerdir. Bu durum Avrupa’nın üç yüzyıl süresince dünyada ki göç hareketlerine yön vermesine neden olmuştur. (Mutluer, 2003)

İkinci Dünya Savaşından sonra Avrupa ülkeleri, sanayinin de gelişimiyle birlikte ihtiyaç duyulan işgücünü karşılamak amacıyla gelişmekte olan ülkelere işçi almaya başlamıştır. Bu işgücü ihtiyacı sanayisi gelişmiş ülkelere Almanya için Türkiye,İspanya,Yunanistan ve Portekiz’den ; Fransa için ise Fas, Tunus ve Cezayir ‘den işgücü transferi şeklinde 1954’den 1970’lere kadar gerçekleşmiş olup,bu durum farklı bir göç hareketi olan iş göçü hareketine kaynak oluşturmuştur. (Deniz, 2014)

1947 yılında Pakistan’ın Hindistan’dan ayrılmasıyla Dünya tarihinde görülmüş en büyük göç dalgası başlamış ve yaklaşık 18 milyon Hindu ve Müslüman mübadele edilmiştir. 1945 ve 1961 yılları arasında Berlin duvarının inşası ile birlikte yaklaşık 3,7 milyon Doğu Alman, Batı Almanya’ya göç etmiştir. (Kınık, 2010) İsrail’in kurulmasıyla yaklaşık olarak 250.000 Yahudi İsrail’e göç ederken, yüz binlerce (tahminen 700.000) Filistinli komşu ülkelere iltica etmiştir. II. Dünya Savaşı sonrasında düzenlenen Romanya – Bulgaristan sınırı nedeniyle yaklaşık

100.000 Bulgar ve 120.000 Romen ülkelerine göç etmiştir. 1979 yılından itibaren SSCB işgali nedeniyle yaklaşık 2.5 milyon Afgan Pakistan'a iltica etmiştir. (Deniz, 2014; Doğanay ve ark., 2011) Tarihsel gelişimi incelediğimizde genellikle savaşlar ve bunlara bağlı olarak değişen dünya haritasında kurulan yeni ülkeler ve çizilen yeni sınırlar insanların toplu olarak göç etmesine neden olmuştur.

Türkiye'deki yasadışı göçün tarihini incelediğimizde, İçduygu ve Aksel çalışmalarında göçmenlerin ve göç akışlarının yanı sıra yönetim uygulamalarına dair farklı özellikler teşkil eden dört ayrı dönemin olduğunu öne sürmüştür. 1970lerin sonunu ve 1980lerin ilk yarısını kapsayan ilk dönem, 1979 yılında gerçekleşen İran Devrimi ardından İranlıların akınından oldukça etkilenmiştir. İranlı göçmenlerin çoğu, ülkelerinden siyasi nedenlerle ayrılan ve Avrupa ya da Kuzey Amerika'daki bir üçüncü ülkeye göç edene dek Türkiye'yi transit ülke olarak kullanmış olan göçmenlerdi. (İçduygu & Aksel, Türkiye'de Düzensiz Göç, 2012) Türkiye'nin toplu göçle karşılaştığı ilk dönem ise, 1988-1993 yıllarını kapsayan dönemdir. Çevre ülkelerdeki siyasi ve ekonomik kargaşalar neticesinde yarım milyonu aşkın insan Türkiye'ye giriş yapmıştır. Bu dönem, birbirinden farklı iki göç dalgasıyla anlatılabilir. Bunlardan ilki, Irak ve Bulgaristan'dan çok sayıda sığınmacının Türkiye'ye gelişi, ikincisi ise Sovyet Cumhuriyetleri'nden ekonomik sebeplerle göçmen olmuş kişilerin yaptığı hareketleridir. Bu akışlar, dönem içerisinde, *sığınma*¹, *transit göç* gibi ve dönemin en yaygın hareketi olan *döngüsel göç*² gibi göçün daha da farklı şekillerini ortaya çıkarmıştır. (İçduygu & Aksel, Türkiye'de Düzensiz Göç, 2012) Irak'tan gelen Kürt sığınmacıların çoğu menşei ülkelerine geri dönerken, Bulgaristan'dan gelen Türk sığınmacıların neredeyse yarısı, vatandaşlığa kabullerine imkân sağlayan vatandaşlık kanunu sayesinde Türkiye'ye yerleşmiştir. Eski Sovyet Cumhuriyetlerinden gelen göçmenler, Türkiye'de sadece birkaç ay kalıp, ticari faaliyetler sebebiyle ülkeleri ve

¹ Sığınma: Bir devletin geri göndermeme ilkesi ve uluslararası veya ulusal düzeyde tanıdığı mülteci haklarına dayalı olarak topraklarında verdiği bir koruma türü. Vatandaş olduğu veya ikamet ettiği ülkede koruma sağlanamayan özellikle ırkı, dini, tabiiyeti, belirli bir sosyal gruba yada siyasi görüşü nedeniyle zulüm görmekten korkan kişiye verilir. (IOM, 2013)

² Döngüsel göç: Ülkeler arasında geçici yada daha kalıcı şekilde gerçekleşen akışkan insan hareketi. Döngüsel göç gönüllü olarak gerçekleştiğinde ve hem menşei ülke hem de hedef ülkenin işgücü ihtiyaçlarıyla ilişkilendirildiğinde ilgili herkes için yararlı olabilmektedir. (IOM, 2013)

Türkiye arasında gidip gelen döngüsel göçmenlerdi. İranlıların ve Iraklıların Türkiye'ye göçü ise ülkeyi transit ülke olarak kullanma amacını taşımaktaydı. (İçduygu & Aksel, Türkiye'de Düzensiz Göç, 2012)

1994-2001 yılları arasındaki dönemde transit göçmenlerin sayısı, önceki dönemlere göre önemli oranda yükselmiş ve transit göçmenlerin birçoğu ülkede, kalış sürelerini aşmaları ya da ülkede yasadışı olarak kalmaya devam etmeleri sonucunda düzensiz hale gelmişlerdir. Türkiye git gide, yüz binlerce düzensiz göçmen ve sığınmacı için transit bir ülke haline gelmiştir. (İçduygu & Aksel, Türkiye'de Düzensiz Göç, 2012) 2001 sonrası dönemde Türkiye'nin özellikle Avrupa Birliğine adaylığı süreciyle göç konusunda hukuki , idari yapılarda ve bununla birlikte teknik altyapı konusunda değişiklikler yapılmış, göç ve iltica sistemi AB müktesebatına uyumlaştırmak için değiştirilmeye aktif olarak gayret sarf edilmiştir. Özellikle 2008 sonrasında Afganistan'da ki iç karışıklıklar ve Suriye iç savaşı gibi gelişmeler Türkiye'nin tarihinde karşılaşacağı en büyük göç hareketine maruz kalmasına neden olmuştur. Göç İdaresi Genel Müdürlüğü'nün kayıtlarına göre Türkiye'de geçici koruma altına alınan Suriye vatandaşı sayısı 2012 yılında 14.237 iken, (Göç İdaresi Genel Müdürlüğü, 2017) 29 Mart 2018 itibariyle 3,568,330 yükselmiştir. Başka bir deyişle 2012 yılından 2018'e kadar geçen 6 yıllık sürede geçici koruma altına alınan Suriyeli sayısı 250 kat artmıştır.

4.Göçün nedenleri ve deniz yoluyla yapılan düzensiz göç

İnsan hakları açısından meydana gelen olumsuz durumlar, baskıcı devlet yönetimleri, iç savaşlar, etnik ve köken ayrımları, iş imkânlarının daralması, ekonomik problemler ve doğal afetler, insanları daha iyi yaşam standartlarına sahip olmayı umduğu ülkelere yönlendirir. (Deniz, 2014; Damış, 2004). Yakın tarihimizde Amerika'da 11 Eylül 2001'de meydana gelen terör saldırısı sonrasında Afganistan'da yaşanan iç karışıklıklar, Irak Savaşı, Arap Baharı ve Suriye krizi, bölgedeki istikrarsızlığı ve terör tehdidini arttırmış, sonuç olarak ta bölgede yaşayan halkta can güvenliği endişesi doğmuştur. Bu sebeple, insanlar yaşadıkları ve göç etmeyi planladıkları hedef ülke arasında ülkelerin yasal izin ve zorunluluklarına uymadan ve hayatlarını hiçe sayarak tehlikeli bir göç yolculuğuna yani düzensiz göç eylemine başlamışlardır.

Yıldız(2017)'in IOM¹ tarafından desteklenen proje kapsamında yayınladığı raporda İzmir'de bulunan ve 28 Suriye, 6 Pakistan, 5

¹ IOM:International Organization for Migration-Birleşmiş Milletler Göç Örgütü

Afganistan, 3 Eritre, 3 Irak ve 1kişinin de Mısır uyruklu olduğu bildirilen toplam 46 düzensiz göçmenle yaptığı mülakat sonucunda ülkelerinden göç etme nedenleri araştırılmıştır. Sonuç olarak görüşülen Suriyelilerin %50'si savaş nedeniyle %17si zorla askere alınma nedeniyle ve kalan %33 göçmen ise daha önceden Avrupa'ya göç etmiş akrabalarıyla bir araya gelmek için göç ettiklerini bildirmişlerdir. Iraklılar genel olarak göç nedenlerini aile ve akrabalarıyla aynı ülkede yaşama isteğine bağlarken, Afgan ve Pakistanlılar daha iyi ekonomik koşullarda yaşama arzusunun kendilerini göç etmeye sevk ettiğini belirtmişlerdir. Eritreli de ülkelerinde bulunan iç karışıklık ve ekonomik imkansızlar nedeniyle geleceklerini daha iyi koşullarda kurma isteği yüzünden göç etmeye çalıştıklarını belirtmiştir. Yapılan çalışmadan da anlaşılacağı üzere insanların göç etme nedenleri buldukları coğrafyada ki siyasal gelişmelere, ekonomik gelişmişlik düzeyine, yakın akraba ve aile bireylerinin daha önceden yapmış olduğu göç eylemlerinin sonucuna ve devlet politikalarına göre değişiklik göstermektedir.

Düzensiz göç hedef, transit ve kaynak ülkeler açısından ayrı ayrı değerlendirilmesi gereken bir konudur. (Göç İdaresi Genel Müdürlüğü, 2017) Türkiye, bulunduğu coğrafi konum nedeniyle yabancı uyruklu şahısların Avrupa ülkelerine geçişte bir köprü görevi görmesi ve çevre ülkelerindeki sosyal, ekonomik ve siyasi açıdan yaşanan sorunlar sebebiyle göç konusunda transit ülke konumundadır. Ayrıca Türkiye, son yıllarda özellikle Suriye gibi çevre ülkelerinde yaşanan siyasi istikrarsızlık ve iç savaş gibi sorunlara karşı kendine sığınan göçmenlere uyguladığı ılımlı politika, Avrupa ülkelerine kıyasla daha uygun barınma ve yaşama maliyetleri nedeniyle hedef ülke konumunda da yer almaktadır. Bu çalışmada Suriyeli düzensiz göçmenlerin deniz yolunu seçerek yapmaya çalıştıkları göç eylemleri inceleneceğinden Türkiye'nin düzensiz göçten transit ülke olarak etkilendiği kabul edilmiştir.

Düzensiz göç kara sınırlarını geçerek, hava yoluyla ya da deniz yolu kullanılarak yapılabilmektedir. Karayolu kullanılarak yapılan yasadışı göç eylemlerinde en sık kullanılan yöntem, sınır kapıları dışındaki alanlardan coğrafi koşullar nedeniyle kolluk kuvveti açısından denetimin zor olduğu bölgelerin seçilip, yaya olarak yapılındır. Hava yolu kullanılarak yapılan yasa dışı göç ise genellikle sahte evrak veya belge kullanılarak yada gerçek belgelerde bulunan bazı bilgilerin değiştirilmesiyle, denetimi yapacak kolluk personeli yanıltarak yapılmaya çalışılır. (Sayın, 2017)

Deniz yolu kullanılarak yapılan düzensiz göç ise genellikle gruplar halinde ormanlık ya da coğrafi olarak kolluk kuvvetlerinden gizlenmenin müsait olduğu deniz kıyılarında göçmenlerin toplanıp, lastik bot veya ahşap tekne gibi bir deniz aracıyla en yakın ülkeye gitme eylemi şeklinde gerçekleşmektedir. Bir başka yöntem ise göçmenlerin yatlar, balık nakliye gemileri ya da ticari gemilerin ambarlarına, kamaralarına yada sintinelerine saklandığı, ulaşılması istenilen ülkenin karasularına giriş yapıldığında nispeten daha küçük balıkçı tekneleri gibi deniz araçlarıyla sahile nakil şeklinde gerçekleşen yöntemdir. Ayrıca ticari gemilerin liman periyodunda, gemi personelinin bilgisi dışında gemiye sızarak, seyir süresince sıklıkla kontrol edilmeyen bir bölümde saklanıp, limana ulaşıldığında ortaya çıkma şeklinde düzensiz göç eylemleri de bulunmaktadır.

Düzensiz göç yasadışı şekilde ülkeyi terk etme ya da girme eylemini ifade ettiğinden hareketin yasadışı olan kısmı genellikle göçmen kaçakçıları yada suç örgütleri tarafından organize edilmektedir. Uluslararası hukukta göçmenler suçlu olarak kabul edilmemekte ve temel insan hakları çerçevesinde devletler tarafından koruyucu önlemler alınmaktadır. (Canca, 2014) Yasadışı olarak göç eylemini gerçekleştiren göçmenlere ise hudut kapılarından pasaportlu ve gerekli izin belgelerini almadan çıkış yapmaları nedeniyle idari para cezası uygulanmakta ve kaynak ülkesine geri gönderme işlemi yapılmaktadır. Mevcut durumda Suriyeli göçmenlere Türkiye tarafından geçici koruma sağlandığından geri gönderme işlemi yapılamamaktadır. Göçmen kaçakçılığı Türk Ceza Kanunu'nun 79.maddesinde:

“Doğrudan doğruya veya dolaylı olarak maddi menfaat elde etmek maksadıyla, yasal olmayan yollardan;

- a) Bir yabancıyı ülkeye sokan veya ülkede kalmasına imkan sağlayan,*
- b) Türk vatandaşı veya yabancıunun yurt dışına çıkmasına imkan sağlayan, kişi”*

olarak tanımlanmış ve “suçun teşebbüs aşamasında kalsa dahi, tamamlanmış gibi cezaya hükmolunacağı belirtilmiştir.” Aynı maddenin 3.fikrasında *“Bu suçun bir örgütün faaliyeti çerçevesinde işlenmesi halinde, verilecek cezalar yarı oranında artırılır.”* hükmüyle örgüt tarafından yapılan göçmen kaçakçılığı suçunun daha ağır bir ceza gerektirdiği belirtilmiştir. Kara sınırlarını terk etme yoluyla yapılan yasa dışı göçte göçmenler kaçakçılara ihtiyaç duymayabilirler. Ancak hava yolu ve deniz yolu kullanılarak yapılan yasa dışı göçte, göçmen

kaçakçılarının rolü oldukça büyüktür. Hava yolu kullanılarak yapılan göçte, sahte belge bulma yada gerçek belgelerin üzerinde değişiklik yapma işi göçmen kaçakçıları tarafından yapılmaktadır. Yetkili idarelerin değerli belgelerde aldığı her yeni güvenlik tedbirine karşılık olarak göçmen kaçakçıları da alınan bu tedbirlere karşı kendilerini geliştirmektedirler. Bu da göçmenlerin bahse konu sahte veya değiştirilmiş belgeleri elde etme süresini ve maliyetini arttırmaktadır.

Deniz yolu kullanılarak sınır geçmek kara hudut kapılarından veya çevresinden geçmekten yada hava yolu kullanılarak sahte evrakla geçiş yapmaktan daha kolay ve az maliyetlidir. (Sayın, 2017) Deniz yolu aracılığıyla yapılan göçte göçmenler hava yolundaki gibi herhangi bir denetimden geçmeden hedeflerine ulaşabilirler. Kara sınırlarını geçme amaçlı göç eylemlerinde göçmenler günlerce yürümek, saklanmak ve bazen nehir geçişleri yapmak zorunda kalabilmekte ve bu durum göçmenler açısından yorucu bir sürece dönüşebilmektedir. Deniz yolunda yapılan yasadışı göçte ise göçmenler saatler içinde hatta bazen bir saat bile sürmeden sınır aşım hedefledikleri ülkeye ya da başka bir transit geçiş ülkesine ulaşabilmektedir.

Deniz yoluyla yapılan düzensiz göç, hayati tehlike açısından değerlendirildiğinde ise diğer yasadışı göç türlerine göre en riskli olanıdır. (Canca, 2014) Çünkü deniz yoluyla yapılan göçü organize eden göçmen kaçakçıları, deniz geçişi için kullanılacak deniz aracının denize uygunluğuna, taşıma kapasitesine ve kullanacak kişinin o deniz aracını kullanacak yeterliliğe sahip olup olmadığıyla ilgilenmemektedir. Lastik botlarla yapılan göçmen kaçakçılığında genellikle kaçakçılar lastik botta bulunmamakta, motorlar göçmenler tarafından kullanılmaktadır. Ayrıca göçmen kaçakçıları yasadışı göç eylemini planlarken eylemin yapılacağı günün deniz ve hava durumunu da değerlendirmediklerinden göçmenler teknelerinin olumsuz deniz ve hava koşulları nedeniyle su alması ve batması nedeniyle ölüm tehlikesi yaşamaktadır. Teknenin batması ve ya su alması gibi nedenlerle kendilerini denizde bulan göçmenlerin hayata tutunabilmeleri açısından ellerindeki tek varlık olan can yelekleri ise, herhangi bir testten geçirilmemiş, koruyucu özelliği ve kalite sertifikası olmayan ürünler olduğunda, can kayıpları yaşanmaktadır. Medyada yer alan bir habere göre özellikle düzensiz göçmenlerin sıkça buldukları bir yer olarak bilinen İzmir'in Basmane semtinde bulunan ve kamuoyunda merdiven altı olarak tabir edilen bir iş yerine düzenlenen operasyonda standart dışı can yeleği satışı yaptıkları tespit edilen 11

kişinin gözaltına alındığı ve 1387 can yeleğine el konulduğu bilgisi verilmiştir. (Anadolu Ajansı, 2015) Kaçakçılıkta kullanılan özellikle küçük tekne ve lastik botların da çoğu genellikle çalıntı teknelerden oluşmaktadır. Konuyla ilgili medyada yer alan bir habere göre : kolluk kuvvetleri tarafından yapılan bir operasyonda Aydın'ın Söke ilçesinde bulunan bir depoda çalıntı durumda olan ve göçmen kaçakçılığında kullanılacağı değerlendirilen 10 tekne motoru, 5 lastik bot, bot şişirmede kullanılan pompa ve tekne motoru yakıt deposu ele geçirilmiştir. (DHA, 2016)

5.Dünya'daki göç rotaları ve Türkiye'nin yeri

Dünyada ki göç güzergâhları göçün nedenine göre değişmektedir. Coğrafi koşullar ve doğal afetler nedeniyle yaşanan göçle, ekonomik nedenler ya da savaşlar nedeniyle olabilecek göç hareketlerinin rotaları ve insan yoğunluğu değişiklik gösterir. Bu sebeple kaynak ülke ile hedef ülke arasında bir transit ülke olabileceği gibi birden fazla transit ülkede olabilmektedir. Hatta bazen transit ülke konumunda ki bir ülke hedef ülkeye dönüşebilmektedir.

Avrupa ülkelerini hedef alan ve Asya ile Afrika ülkelerinin kaynak ülke olduğu, 5 göç yolunun göçmenler tarafından kullanıldığı bilinmektedir. Bu rotalar, Kuzey Batı Afrika'dan Portekiz ve İspanya'ya, Libya ve Mısır üzerinden İtalya ve Malta'ya, Doğu Akdeniz'den ise Suriye ve Irak kaynaklı olarak Türkiye üzerinden Yunanistan'a olacak şekilde bulunmaktadır. Ayrıca Somali ve Etiyopya üzerinden, ilk olarak deniz yoluyla Pakistan ve İran'a, bu ülkelerden de kara yolu kullanarak Rusya Federasyonu üzerinden karadan veya Türkiye kıyılarından Afrika kaynaklı yasa dışı göç devam etmektedir. Asya kıtası ülkelerinin kaynak oluşturduğu yasa dışı göç rotasına bakıldığında ise, göçün ağırlıklı olarak kara yolu ile Rusya Federasyonu ve Türkiye yolu kullanılarak Avrupa'ya yönelik gerçekleştirilmekte olduğu görülmektedir. (İçduygu, Irregular Immigration in Turkey, 2003)



Resim 1. Behram, Küçükkuşu, Ayvalık ve Dikili'den Midilli Adası'na Mesafeler

Çeşitli kaynaklarda yer alan istatistikî bilgiler, konuyla ilgili haberler ve Sahil Güvenlik Komutanlığı tarafından yapılan yakalamalara ilişkin basın duyurularından derlenip oluşturulan ve Suriyelilerin Türkiye'nin Ege kıyılarından çıkıp, gitmeye çalıştıkları Yunanistan'ın Midilli (Lesvos), Sakız (Chios) ve Sisam (Samos) adalarına ait sık kullanılan rotalar Resim 1,2,3'te gösterilmiştir.

Resimlerde belirtilen rotalar Türkiye'nin Ege kıyılarından göçmenlerin çıkış yaptığı noktalardan hedefledikleri Yunan adalarına en kısa mesafeler hesaplanarak yapılmıştır. Belirtilen mesafelere göre saatte 10 deniz mili süratle ilerleyecek bir göçmen teknesi Midilli Adası'na 45 dakika ile 1 saat arasında, Sakız Adası'na 35 dakika ile 1 saat arasında, Sisam Adası'na ise 10 dakika ile 1 saat arasında ulaşabilmektedir. Mesafelerin bu kadar kısa olması deniz yoluyla göçü göçmenler açısından avantajlı kılan önemli bir husustur.



Resim 2.Karaburun ve Çeşme'den Sakız Adası'na mesafeler



Resim 3.Kuşadası ve Güzelçamlı'dan Sisam Adası'na Mesafeler

6.Suriyelilerin Deniz Yolu Kullanarak Yaptıkları Göç

Deniz yoluyla yapılan düzensiz göç eylemlerinde denize elverişsiz, eski ve kötü durumdaki deniz araçlarının kullanımı ve genellikle kapasitelerinin çok üzerinde göçmenle yüklenmeleri nedeniyle bir çok tekne hedefledikleri yere ulaşmadan batmaktadır. Bu sebeple de düzensiz göçmenlerin yasadışı göç eylemleri arama kurtarma faaliyetine dönüşmektedir. Denizde arama kurtarma faaliyetlerini yürütme ve

planlama görevi 2692 sayılı kanun gereği Sahil Güvenlik Komutanlığı'ndadır. Sahil Güvenlik Komutanlığı unsurları tarafından hem yasa dışı göçle mücadele kapsamında hem de yasa dışı göçün arama kurtarma faaliyetine dönmeden engellenmesi amacıyla çevre denizlerimizde kesintisiz görev yapılmaktadır. Düzensiz göçmenlerin deniz geçişlerinde kullandığı deniz araçlarının türlerine göre dağılımı Tablo 1'de verilmiştir.

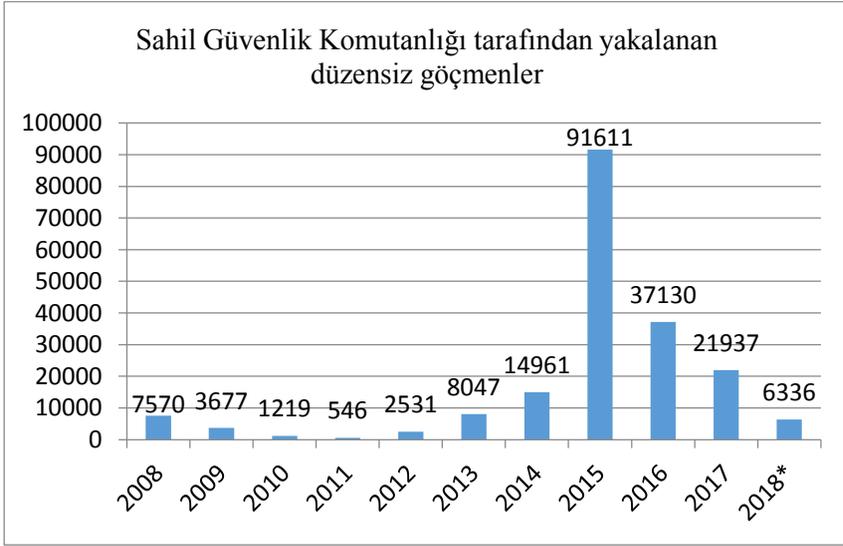
| | Sandal | Sürat/Fiber tekne | Jet-ski | Özel yat | Balıkçı teknesi | Şişme Lastik bot |
|------|--------|-------------------|---------|----------|-----------------|------------------|
| 2009 | 8 | 17 | 1 | 3 | 2 | 117 |
| 2010 | 2 | 7 | - | 10 | 3 | 15 |
| 2011 | - | 3 | - | 6 | 1 | 3 |
| 2012 | - | 14 | - | 15 | 1 | 55 |
| 2013 | 4 | 29 | 1 | 17 | 4 | 189 |

Tablo 1. Düzensiz göçmenlerin kullandıkları deniz araçları (T.B.M.M. İnsan Hakları İnceleme Komisyonu, 2014)

Buna göre 2009-2013 yılları arasında düzensiz göçmenler tarafından kullanılan deniz araçlarının %71'ini şişme lastik botlar oluşturmaktadır. Şişme lastik botlar teminlerinin kolay ve ucuz olması, zor arazi şartlarında taşınıp şişirilebilmesi, karayolu aracılığıyla taşınırken herhangi bir römorka ihtiyaç duyulmadan ve görülmeden taşınabilmesi, denizde görünürlüğünün az olması gibi nedenlerle göçmen kaçakçıları tarafından seçilmektedir. Çevre denizlerimizde meydana gelen yasa dışı göç eylemleriyle ilgili kayıtlarda Sahil Güvenlik Komutanlığı tarafından paylaşılmaktadır. Buna göre Sahil Güvenlik Komutanlığı'nın denizlerimizde yakalanan düzensiz göçmen sayılarına ilişkin grafik Şekil 1'de gösterilmiştir. Özellikle Suriye kriziyle birlikte 2013 yılından itibaren denizde yakalanan düzensiz göçmen sayısında artış olmuş ve bu artış 2015 yılında en yüksek seviyeye ulaşmıştır.

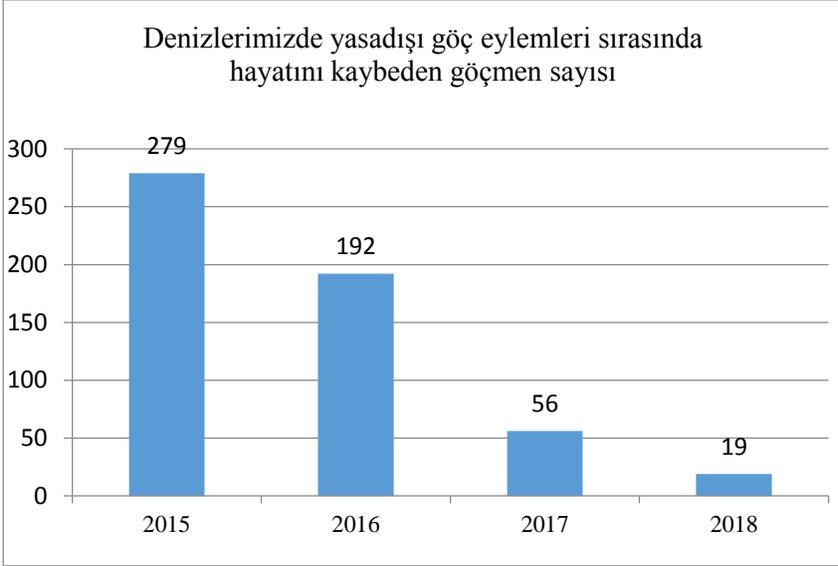
18 Mart 2016 tarihinde Türkiye ile AB hükümet liderleri arasında gerçekleşen görüşmeler sonucunda Türkiye'den AB'ye düzensiz göçü engelleme konusunda bir mutabakata varılmıştır. Buna göre 20 Mart 2016 tarihinden sonra Türkiye'den Yunan adalarına yasa dışı olarak

geçen ve uluslararası koruma talebinde bulunmayan ya da başvurusu dayanaktan yoksun ve kabul edilemez bulunan tüm göçmenler Türkiye'ye iade edilecektir. Buna karşılık Yunan adalarından Türkiye'ye iade edilen her bir Suriyeli için Türkiye'den bir diğer Suriyeli AB'ye yerleştirilecektir. (AB Bakanlığı, 2016) Bire bir formülü olarak geçen bu uygulama kapsamında 05.04.2018 tarihine kadar ülkemizden çıkış yapan Suriyeli sayısı 12.966'dır. (Göç İdaresi Genel Müdürlüğü)



Şekil 1. Sahil Güvenlik Komutanlığı tarafından yakalanan düzensiz göçmenler. (Sahil Güvenlik Komutanlığı, 2017) (Sahil Güvenlik Komutanlığı)*2018 yılına ilişkin veriler 1 Ocak-16 Nisan 2018 tarihleri arasında kapsar.

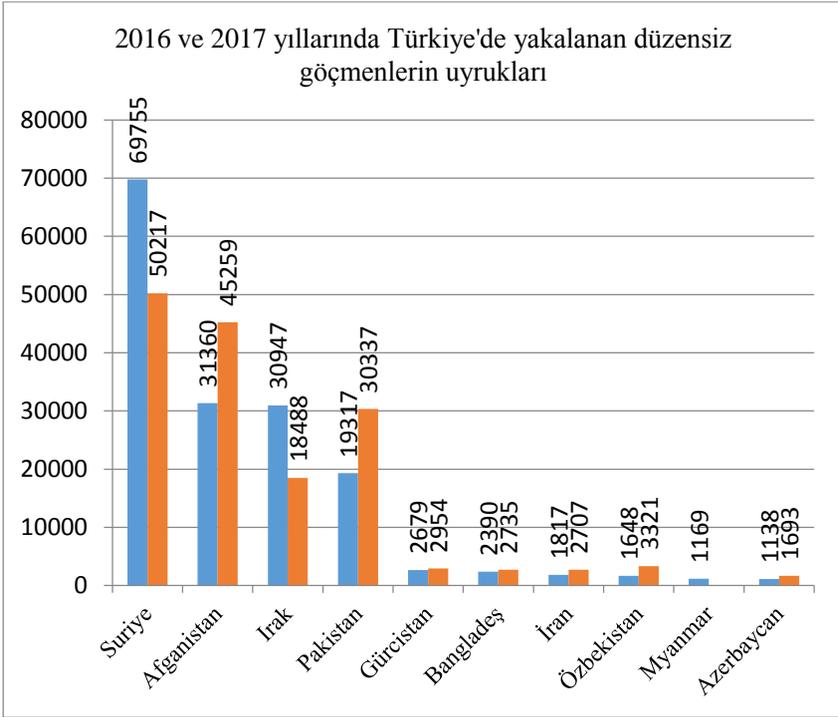
Bahse konu Türkiye – A.B. mutabakatıyla birlikte Yunan adalarına geçmeye çalışan göçmen sayısında da ciddi bir düşüş görülmüştür. Avrupa Birliği ile imzalanan mutabakat sonrasında Sahil Güvenlik Komutanlığı tarafından 1 Nisan-31 Aralık 2015 arasındaki dönemde 88.350, 2016 yılının aynı döneminde ise 14.347 düzensiz göçmen yakalanmış olup, 2016 yılında bir önceki yıla göre %84'lik düşüş meydana gelmiştir. Denizden yapılan düzensiz göç eylemlerinin, teknelerin batmasıyla sonuçlanması neticesinde hayatını kaybeden düzensiz göçmen sayısı ise Şekil 2'de belirtilmiştir.



Şekil 2 Denizlerimizde yasadışı göç eylemleri sırasında hayatını kaybeden göçmen sayısı (Sahil Güvenlik Komutanlığı)

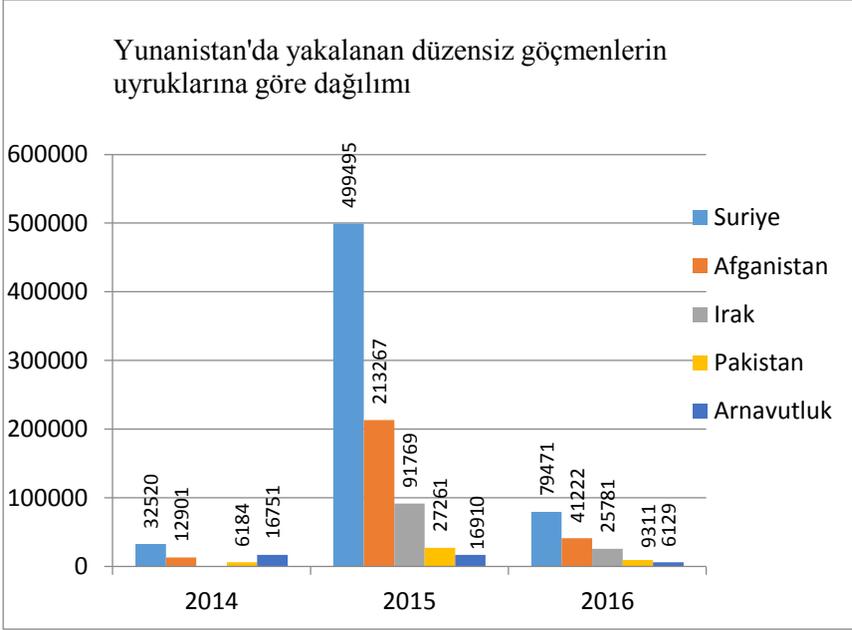
Göç İdaresi Genel Müdürlüğü'nün 2016 yılı raporuna göre; Türkiye'de 2016 yılında toplam 174.466 düzensiz göçmen yakalanmıştır. Bunlardan Suriye vatandaşlarının sayısı 69.755'dir. (Göç İdaresi Genel Müdürlüğü, 2017).2017 yılından Türkiye'de yakalanan düzensiz göçmen sayısı 175.752 olup, yakalananların 50.217'si Suriyelidir. 2016 ve 2017 yıllarına ilişkin Türkiye'de yakalanan düzensiz göçmenlerin uyruklarına göre dağılımları Şekil 3'de verilmiştir.

Buna göre 2016 yılında yakalanan toplam düzensiz göçmen sayısının Suriyelilere oranı yüzde 39,9 iken,2017 yılında bu oran 28,5'e gerilemiştir.2013 yılında Sahil Güvenlik Komutanlığı tarafından denizde yapılan yakalamalarda ise Suriyelilerin oranı toplam yakalamalara göre %38.5 olup, en fazla yakalanan düzensiz göçmen sayısını 3101 kişiyle Suriyeliler oluşturmaktadır. (T.B.M.M. İnsan Hakları İnceleme Komisyonu, 2014)



Şekil 3. 2016 ve 2017 yıllarında Türkiye'de yakalanan düzensiz göçmenlerin uyrukları (Göç İdaresi Genel Müdürlüğü, 2017) (Göç İdaresi Genel Müdürlüğü, 2018)

Yunan Polisi'nin raporlarına göre ise 2015 yılının ilk 7 ayında Sakız, Sisam ve Midili Adalarında yakalanan toplam göçmen sayısı 98.165 iken , 2016 yılının aynı döneminde 142.454'tür. Yunanistan genelinde 2015 yılında yakalanan Suriyeli düzensiz göçmen sayısı 499.495 iken 2016 yılının ilk 7 ayında 79.471'dir. (Triandafyllidou & Mantanika, 2017) Şekil 4'te 2014,2015 yılları ve 2016 yılının ilk 7 ayını kapsayan dönemde Yunanistan genelinde yakalanan düzensiz göçmenlerin uyruklarına göre dağılımı belirtilmiştir.



Şekil 4. Yunanistan'da yakalanan düzensiz göçmenlerin uyruklarına göre dağılımı (Triandafyllidou & Mantanika, 2017)

Buna göre 2016 yılı için Türkiye’de ve Yunanistan’da yakalanan düzensiz göçmenlerin uyruklarına göre dağılımında ilk 4 ülke Yunanistan ve Türkiye için aynıdır. Suriyeliler ise bu sıralamada her iki ülke içinde ilk sırada yer almaktadır. Yunanistan ve Türkiye’de 2016 yılında toplam 569.250 Suriyeli göçmen yakalanmıştır.

7.Sonuç

Türkiye Suriye’de meydana gelen ve devam etmekte olan savaş nedeniyle Suriyeli göçmenlerin sığınma için tercih ettikleri ülkelerin başında gelmektedir. Suriyelilerin ülkemize girişi geçici koruma kapsamında yer aldığından, Türkiye’ye giriş eylemleri yasa dışı olarak sayılmamakta fakat gerekli belge ve izinleri olmadan ülkemizden çıkış yapmaları yasadışı sayılmaktadır. Suriyeliler daha iyi bir hayat umdukları Avrupa ülkelerine geçiş için göçmen kaçakçıları aracılığıyla başta Ege sahilleri olmak üzere deniz yolu kullanmayı tercih etmektedir. Bu tercihleri umdukları hayatları bulmanın aksine yaşadıkları hayatı da tehlikeye düşürmelerine ve denizde boğulma sonucu ölümlere yol açmaktadır. Denizden düzensiz göçün önlenmesine yönelik gerek devletler gerek de uluslararası kuruluşlar tarafından bir çok çalışma

yapılmaktadır. AB ile Türkiye arasında imzalanan mutabakat buna iyi bir örnek teşkil etmektedir. Nitekim mutabakat öncesi ve sonrası denizden yapılan göç istatistiklerinde alınan önlemlerin ne kadar etkili olduğu görülmüştür.

Suriyelilerin deniz yoluyla yapılan düzensiz göç hareketlerini azaltmak veya önlemek için denizde yapılan denetimleri artırmanın yanında karada ki denetimi de arttırmak gereklidir. Göçmenler deniz kıyısına genellikle gruplar halinde intikal etmekte ve deniz aracına ulaşana kadar karada yol kat etmektedir. Bu sürede karada yapılacak denetimin artırılması, göçün daha denize taşınmadan sonlanmasına ve yaşanabilecek can kayıplarının önüne geçilmesine yardımcı olacaktır.

KAYNAKÇA

AB Bakanlığı. (2016, Mart 18). *18 Mart 2016 tarihli Türkiye - AB Zirvesi Bildirisi*. Nisan 16, 2018 tarihinde Avrupa Birliği Bakanlığı web sitesi: https://www.ab.gov.tr/files/AB_Iliskileri/18_mart_2016_turkiye_ab_zirvesi_bildirisi_.pdf adresinden alındı

Anadolu Ajansı. (2015, Ekim 6). *haberekspres*. Nisan 12, 2018 tarihinde İzmir'de can yeleği operasyonu:11 gözaltı: <http://www.haberekspres.com.tr/izmir/izmirde-can-yelegi-operasyonu-11-gozalti-h81764.html> adresinden alındı

BMMYK. (2015). *Lesvos Islands Snapshot*. BMMYK.

Canca, H. S. (2014). Denizde göçmen kaçakçılığının önlenmesine yönelik uluslararası hukuk çerçevesinin insan hakları ve denizde yardım ve kurtarma sorumlulukları kapsamında incelenmesi. *11*(1).

Danış, A. D. (2004). *Yeni Göç Hareketleri ve Türkiye*. (184).

Deniz, T. (2014). Uluslararası göç sorunu perspektifinde Türkiye. *18*(1).

Deniz, T. (2014, Nisan). Uluslararası Göç Sorunu Perspektifinde Türkiye. *TSA*, *18*(1).

DHA. (2016, Haziran 2). *Göçmen kaçakçılarının deposuna baskın*. Mart 2018, 16 tarihinde Sözcü Gazetesi: <http://www.sozcu.com.tr/2016/gundem/gocmen-kacakcilarinin-deposuna-baskin-1258067/amp/> adresinden alındı

Doğanay, H., Özdemir, Ü., & Şahin, İ. F. (2011). *Genel, Beşeri ve Ekonomik Coğrafya*. Ankara: Pegem Akademi.

- European Political Strategy Centre. (2017). *10 Trends Shaping Migration*. European Political Strategy Centre.
- Göç İdaresi Genel Müdürlüğü. (2017). *2016 Türkiye Göç Raporu*. Ankara: T.C. İçişleri Bakanlığı Göç İdaresi Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Göç İdaresi Genel Müdürlüğü. (2018, Nisan 4). *Düzensiz Göç*. Nisan 16, 2018 tarihinde http://www.goc.gov.tr/icerik6/duzensiz-goc_363_378_4710_icerik adresinden alındı
- Göç İdaresi Genel Müdürlüğü. *Geçici Koruma*. Nisan 16, 2018 tarihinde GİGM web sitesi: http://www.goc.gov.tr/icerik6/gecici-koruma_363_378_4713_icerik adresinden alındı
- İçduygu, A. (2003). *Irregular Immigration in Turkey*. IOM Migration Research Series.
- İçduygu, A., & Aksel, D. B. (2012). *Türkiye'de Düzensiz Göç*. Ankara: IOM.
- IOM. (2013). *Göç Terimleri Sözlüğü*. Cenevre: Uluslararası Göç Örgütü.
- IOM. (2017). *World Migration Report 2018*. Cenevre: IOM.
- Kınık, K. (2010). Göç, Sürgün ve İltica. (2).
- Mutluer, M. (2003). *Uluslararası Göçler ve Türkiye, Kuramsal ve Ampirik Bir Alan Araştırması: Denizli Tavas*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Sahil Güvenlik Komutanlığı. (2017). *2016 Yılı Faaliyet Raporu*. Ankara: Sahil Güvenlik Komutanlığı.
- Sahil Güvenlik Komutanlığı. *Sahil Güvenlik Komutanlığı Düzensiz Göç İstatistikleri*. 04 10, 2018 tarihinde Sahil Güvenlik Komutanlığı Web Sitesi: http://www.sahilguvenlik.gov.tr/baskanliklar/harekat/faaliyet_istatistikleri/duzensiz_goc_istatistikleri.html adresinden alındı
- Sayın, H. (2017). Göçmen Kaçakçılığı, Yöntemler, Yollar, Gözergahlar. 1(1).
- T.B.M.M. İnsan Hakları İnceleme Komisyonu. (2014). *Ege Kıyılarında (İzmir-Aydın) Gerçekleşen Yasa Dışı Göç Hakkında İnceleme Raporu*. Ankara: T.B.M.M.

- Triandafyllidou, A., & Mantanika, R. (2017). *Migration in Greece: Recent Developments in 2016*. Athens: Hellenic Foundation for European and Foreign Policy (ELIAMEP).
- Yıldız, A. (2017). *Göçmen Kaçakçılığı Algısı ve Göçmenlerin Karar Süreçleri*. Ankara: IOM.

