6. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi
(1 – 3 Kasım 2019 / Şanlıurfa)
(UBAK)

6th International Scientific Research Congress
(1 – 3 November 2019 / Şanlıurfa)
(UBAK)

FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ
Science and Engineering

Bildiri Tam Metin Kitabı
Proceeding Book

Editör / Editor
Dr. Öğr. Üyesi Tülay GÜRSOY

asos YAYINLARI

Ankara 2019

Yayın Koordinatörü/ Broadcaste Coordinator•
Muhammet ÖZCAN

Yayın Yönetmeni / General Publishing Director •
Dr. Öğr. Üyesi Tülay GÜRSOY

Editör / Edited by •
Dr. Öğr. Üyesi Tülay GÜRSOY

Kapak Tasarım / Cover Design
Yasemin ULUTÜRK

İç Tasarım / Interior
Yasemin ULUTÜRK

Birinci Basım / First Edition• ©
Kasım 2019 / November 2019 - Şanlıurfa

ISBN: 978-605-978-605-7736-33-8

© copyright
Telif ve hukuki hakları UBAK'a aittir

ASOS YAYINEVİ
1st Edition / 1.baskı: Kasım/November 2019
Address / Adres: Çaydaçıra Mah. Hacı Ömer Bilginoğlu Cad. No: 67/2-4
MERKEZ/ELAZIĞ
Mail: asos@asosyayinlari.com
Web: www.asosyayinlari.com
İnstagram: https://www.instagram.com/asosyayinevi/
Facebook: https://www.facebook.com/asosyayinevi/
Twitter: https://twitter.com/Asosyayinevi

KURULLAR

ONUR KURULU BAŞKANI

Harran Üniversitesi Rektörü
Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK

DÜZENLEME KURULU

Prof. Dr Bekir Erol AK, Harran Üniversitesi
Doç. Dr. Emel İSLAMOĞLU, Sakarya Üniversitesi
Doç. Dr. Aydın İZGİ, Harran Üniversitesi
Prof. Dr. Ergin KARİPTAŞ, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Prof. Dr. Asım OLGUN, Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Seyit Ahmet OYMAK, Harran Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin U. SAKARYA, İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet Emin ÜNER, Harran Üniversitesi

BİLİM KURULU

Doç. Dr. Mine AKGÜN, Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Ali Payıdar AKGÜNDÜR, Kırıkkale Üniversitesi
Doç. Dr. T. Çetin AKINCI, İstanbul Teknik Üniversitesi
Dr. Rovida ALMOMANİ, Jordan University
Prof. Dr. Dilek ANAÇ, Ege Üniversitesi
Dr. Akhenak ATMANE, Centre Universitaire Tipaza
Prof. Dr. Ozan AVİNÇ, Pamukkale Üniversitesi
Doç. Dr. Zehra Şapçı AYAS, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi
Prof. Dr. Salih AYDEMİR, Harran Üniversitesi
Prof. Dr M. Emin AYDIN, Necmetin Erbakan Üniversitesi
Prof. Dr. Senar AYDIN, Necmetin Erbakan Üniversitesi
Doç. Dr. Vezir AYHAN, Sakarya Üniveritesi
Doç. Dr. Zayde AYVAZ, Çanakkale Onsekizmart Üniversitesi
Doç. Dr. Khalid M. Al- BATAYNEH, Yarmouk University
Doç. Dr. Saadet Arzu BERİLGEN, Yıldız Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Ceyda BİLGİÇ, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Dr. Khaldon BODOOR, Jordan University
Prof. Hüsamettin BULUT, Harran Üniversitesi
Doç. Dr. Ali Savaş BÜLBÜL, Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi
Prof. Dr. Miriş Mirmusa CAFEROV, Bakü Devlet Üniversitesi
Doç. Dr. Erhan CENGİZ, Alanya Alaaddin keykubat Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ, Harran Üniversitesi
Doç. Dr. M. Fatih DİLEKOĞLU, Harran Üniversitesi
Doç. Dr. Ali Rıza DİNÇER, Namıkkemal Üniversitesi
Prof. Dr. Cengiz DOĞAN, Harran Üniversitesi
Prof. Dr. Nükhet DOĞAN, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Fikriye Tüncel ELMALI, Yıldız Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Uçman ERGÜN, Afyon Kocatepe Üniversitesi
Doç. Dr. Ayten Erol GÖRÜR, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. Nevin ERYÜCE, Ege Üniversitesi
Prof. Dr. Erhan ESER, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Metin GÜRÜ, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Murat KALE, Düzce Üniveristesi
Doç. Dr. Duran KATAR, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Prof. Dr. Rabah Ali KHALİL, University of Mosul
Prof. Dr. Zeki KIRAL, Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Serpil Koral KOÇ, Uludağ Üniversitesi
Doç. Dr. Özcan KÖYSÜREN, Ankara Üniversitesi
Dr. Riad MERİEM, Centre Universitaire Tipaza
Doç. Dr. Vanina MİHAİLOVA, Plovdiv University
Prof. Dr. Bülent OKUR, Ege Üniversitesi
Prof. Dr. Asım OLGUN, Uludağ Üniversitesi
Dr. Mine Nazan Kerimak ÖNER, Kocaeli Üniversitesi
Doç. Dr. M. Şükrü ÖZÇOBAN, Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Mahmure Üstün ÖZGÜR, Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ayşegül PEKSEL, Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmad A. Al-RHAYYEL, Yarmouk University
Prof. Dr. Haythem A. Bany SALAMEH, Yarmouk University
Prof. Dr. Mahmut SELVİ, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Remzi TUNTAŞ, Van Yüüzncüyıl Üniversitesi
Prof. Dr. Sinan UYANIK, Harran Üniversitesi

SEKRETERYA

Esra TÜRE
Emine KAPKA

FARKLI ÜLKELERDEN KATILIMCILAR

Kasim M. Al-abbassi / University of Mosul, Irak
Assoc. Prof. Ivana Cacciatore / University "G. d'Annunzio" of Chieti e Pescara, İtaly
Hafize Çınkır, Viyana Üniversitesi / Avusturya
Prof. Dr. Cemal Esen / Bochum Ruhr Ünivversitesi, Almanya
Doç. Dr. Vesel Hoxha / IGJEUM, Arnavutluk
Prof. Dr. Antonio Di Stefano / Università degli Studi G. d'Annunzio Chieti e Pescara, İtalya
Amina Mudhafar Al.Nima / University of Mosul, Irak
Montaha Thabit, University of Mosul, Irak
Aeshaa Salman , University of Mosul, Irak

İçindekiler

Önsöz.....11

Alaattin SEVEN, Veysel GÜMÜŞ, Oğuz ŞİMŞEK / AZ EĞİMLİ AÇIK KANAL AKIMININ RANS İLE İKİ BOYUTLU SAYISAL ANALİZİ.....13

Aykut ONURSAL, Serdar SELAMET / TÜRKİYE'DEKİ ÜNİVERSİTELERDE YANGIN MÜHENDİSLİĞİ MÜFREDAT PROGRAMI.....29

Bayram POYRAZ / NANOSELÜLOZ BAZLI POLİESTER KOMPOZİTLERİN ÇEKME DAYANIMLARININ İNCELENMESİ.....45

Bayram POYRAZ / Sİ BAZLI POLİMİTİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ.....51

Burak AYVA / ROBOTİK ÇOK KATLI OTOPARKLARDA KULLANILAN FARKLI SPRİNKLER YANGIN SÖNDÜRME SİSTEMLERİNİN SİMÜLASYON BAZLI KARŞILAŞTIRILMASI.....55

Esameddin Saed MULAPEER, Kasim MERMERDAŞ, Zeynep ALGIN, Nadhim Hama SOR, Şevin EKMEN / BAZALT VE ÇELİK ELYAF İLE TAKVİYE EDİLMİŞ GEOPOLİMER HARCIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ.....77

Hatice GAZİ, Seda ÖNCÜ-DAVAS, Cenk ALHAN / YAKIN-FAY YER HAREKETLERİ İÇİN EŞDEĞER AZALAN SİNUZOİD PULS MODELİNİN SİSMİK İZOLASYONLU BİNALARIN KAT TEPKİ SPEKTRUMLARI AÇISINDAN ETKİNLİĞİ.....89

Ilgın Gökaşar, Onur Şahin, Ali Atilla Arısoy / ULAŞIM SİSTEMLERİNİN YAŞAM ALANI TERCİHİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....107

Mehmet SÖYLEMEZ / ALTINŞEHİR (ADIYAMAN) BÖLGESİNİN ZEMİN TAŞIMA GÜCÜ HARİTASI.....121

Mehmet SÖYLEMEZ, Selçuk ARSLAN / KİL İÇERİĞİNİN ZEMİN-GEOTEKSTİL ARAYÜZEYİNDEKİ KAYMA PARAMETRELERİNE ETKİSİ 129

Mustapha Muazu JODI, Serdar SELAMET / YANGIN KOŞULLARI ALTINDAKI YÜKSEK KATLI KONUTLARDA TAHLİYE 143

Onur ŞAHİN / MİNİBÜS TAŞIMACILIĞINDA DİNAMİK ÇİZELGELEME MODELİ 159

Hüseyin ÜNLÜ, Saadet Arzu Berilgen / FARKLI ZEMİN TİPLERİNDE ŞAFT DAVRANIŞININ NÜMERİK ANALİZLERLE İNCELENMESİ 167

Emre AKARSLAN, Fatih Onur HOCAOĞLU / NARX VE RELİEFF YÖNTEMLERİNİN KOMBİNASYONU İLE SAATLİK YÜK TAHMİNİ 175

Erol AYAZ, Fatih Onur HOCAOĞLU / GÜNEŞ PANELİ CAMLARININ PERFORMANSA OLAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI İÇİN BİR DENEY DÜZENEĞİ 185

Fatih SERTTAŞ, Fatih Onur HOCAOĞLU / YÜKSEK GERİLİM KABLOLARINDAKİ KISMİ BOŞALMALARIN DENEYSEL OLARAK TESPİTİ 193

Hande UFAT / BİNALARDA OPTİMUM YALITIM KALINLIĞININ BELİRLENMESİ VE GERİ ÖDEME SÜRELERİ: MARMARA BÖLGESİ ÖRNEĞİ 203

M. Ayhan ÇETİN / TRAFİK KAZASI OLUŞUMU ETKENLERİNDEN YARARLANARAK MAKİNE ÖĞRENME YÖNTEMLERİ İLE KAZA ŞİDDETİ TAHMİNİ 217

Muhammet Serdar BAŞÇIL / KAN BASINCI ÖLÇÜMÜ İÇİN ARDUINO TABANLI BİR SİSTEM TASARIMI 225

Tuba Nur SERTTAŞ, Fatih SERTTAŞ / RÜZGAR GÜCÜ TAHMİNİNE YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ İLE BİR YAKLAŞIM 233

Ahmet ÇELEBİ, Murat Can DURUEL / DEPREM SONRASI ACİL SAĞLIK HİZMETLERİNİN YÖNETİMİ VE GÜNCEL UYGULAMALAR 247

F. Olcay TOPAÇ, Canan ETYAM / ATIK AKTİF ÇAMURUN HİDROJEN PEROKSİT İLAVELİ HİDRODİNAMİK KAVİTASYON YÖNTEMİ İLE DEZENTEGRASYONU 257

F. Olcay TOPAÇ / FENOLLE KİRLENMİŞ TOPRAKLARIN EVSEL NİTELİKLİ ARITMA ÇAMURU UYGULAMASI İLE ISLAHI 271

Murat Can DURUEL, Ahmet ÇELEBİ / İŞYERİ AFET VE ACİL DURUM PLANLARININ ÖNEMİ VE YÖNETİMİ 283

Tuğba Nur ÇEVİK / Çiğdem KIVILCIMDAN MORAL / AĞIR METALLERİN ALGİNAT-NANO KOMPOZİT BONCUKLARI İLE GİDERİMİ: pH VE ADSORBENT BİLEŞİMİNİN ETKİSİ 295

Vesel HOXHA / GEOLOGICAL OVERVIEW OF PESHKOPIA AND DUMREA EVAPORATIC FORMATIONS 305

Bayram Ali MERT / PATLATMA KAYNAKLI ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ: HATAY İLİ MERKEZ KURUYER KÖYÜ KALKER OCAĞI ÖRNEĞİ 313

Elif Semin CEYLAN, Bayram Ali MERT / SONDAJ UYGULAMALARINDA ÇİMENTO HARÇ KATKISI: PİRİNÇ KABUĞU KÜLÜNÜN MEKANİK DAYANIMA ETKİLERİ 329

Eyyub URAL, Aydın DİKİCİ / SERALARDA FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN KULLANIMI 341

Ayşen DUMAN, Bülent OKUR, Bülent YAĞMUR / ARITILMIŞ EVSEL ATIKSUYUN KİLLİ BİR TOPRAĞIN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ 353

Gül İMRİZ / BİTKİ PATOJENLERİNİN BİYOLOJİK KONTROLÜ VE ETKİ MEKANİZMALARI 367

Gül İMRİZ / TOPRAKTA PESTİSİT KALINTILARININ BİYOREMEDİASYONUNDA BİTKİ BÜYÜMESİNİ DESTEKLEYEN RİZOBAKTERİLERİN ROLÜ 379

Nuran TAPKI, Nurcan ERTÜRKÜNER / HATAY İLİNDE TÜKETİCİLERİN ORGANİK ÜRÜN TERCİHLERİ VE ORGANİK ÜRÜNLERDE ARANAN ÖZELLİKLER 389

Hasan HACIFAZLIOĞLU, Ayda AKIN / ATIK BİTKİSEL YAĞ İLE KÖMÜRÜN FLOTASYONUNDA SICAKLIĞIN ETKİSİ 407

Yıldırım İ. TOSUN / MİKRODALGA İLE TEMİZ İÇME SUYU ALANLARINA YAKIN BÖLGELERDE RADYOAKTİF VE ENDÜSTRİYEL TEHLİKELİ ATIKLARIN ASFALT TOPAKLANMASI VE GEO-BARİYER İLE KAPLANMASI 415

Dilara KOÇAK, Bora YAY, Utku ŞENTÜRK, Aydoğan ÖZDAMAR / DAİRE YÜZEYLİ PLAKALARIN ÇARPAN HAVA JETİ İLE SOĞUTULMASINDA DENEYSEL VE NÜMERİK BİR ARAŞTIRMA 425

Mustafa Alper YERLİKAYA, Ahmet TANDIROĞLU / FARKLI BİOKÜTLELER KULLANAN BİOKÜTLE DESTEKLİ JEOTERMAL ENERJİ SANTRALİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ 435

Osman BALCI, Dilara KOÇAK, Hakan YAVUZ, Utku ŞENTÜRK, Aydoğan ÖZDAMAR / OTOMOBİL JANTLARINDAKİ ÜST MAÇA OFFSET BÖLGESİNİN ÇARPAN HAVA JETİ İLE SOĞUTULMASINDA DENEYSEL ARAŞTIRMA 449

Atilla EVCİN, İsmail YILDIZ / SOL-JEL YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN NANO BOYUTLU HİDROKSİAPATİTE BORİK ASİT KATKISININ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI 457

Ceyda BİLGİÇ, Ayşe ÇİFTÇİ / KAOLİN'DEN ALKALİ FÜZYON YÖNTEMİYLE ZEOLİT A SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU 469

Gencay SARIIŞIK, Ronay KIZILELMA / YÜKSEK ISIYA DAYANIKLI SERAMİK YENİ ÜRÜNLERİN GELİŞTİRİLMESİ 483

Gencay SARIIŞIK / VOLKANİK KAYAÇLARIN SERAMİK FIRIN RAF PLAKASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI 497

Hakan AKCAY, Derya YILTAS-KAPLAN / PERFORMING CLASSIFICATION FOR ANOMALY DETECTION IN SOFTWARE DEFINED NETWORKING 513

Selin AĞCA BAŞ, Bahar ÖZYÖRÜK / PATLAYICI HAMMADDESİ TEDARİKÇİ SEÇİMİ VE SİPARİŞ MİKTARI BELİRLENMESİ İÇİN AHP İLE ENTEGRE EDİLMİŞ BİR HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ 525

Beyhan GERGERLİ, Baha ŞEN, Fatih V. ÇELEBİ / PARKINSON'S DISEASE BASED ON ARTIFICICIAL NEURAL NETWORK AND SUPPORT VECTOR MACHINE 543

İsmail TARHAN / ZEYTİNYAĞI DEODERİZE DİSTİLATINDAKİ FİTOSTEROLLERİN MONOLİTİK KOLON ve KEMOMETRİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ 557

Mine Nazan KERİMAK ÖNER / ŞANLIURFA İLİ BİYOKÜTLE KAYNAKLARI ve BİYOEKONOMİK ÇIKTILARI 573

Mehmet YÜKSEL, Fatih KARAOĞLAN / ELEKTRİK ALAN ŞİDDETİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÖN ÇALIŞMA 585

Yılmaz EMRE / BALIKLANDIRMA UYGULAMALARINDA STRATEJİK YAKLAŞIMLAR IŞIĞINDA BAZI GÖLLERİMİZDE UYGULANABİLECEK PRATİK BİR YÖNTEM 593

Eray TULUKCU / ÇAY OLARAK KULLANILAN BAZI TIBBİ BİTKİLER VE SAĞLIĞIMIZDA YERİ 601

Serap SAMSUN / NEVŞEHIR İLİ SU ÜRÜNLERİ KOOPERATİFLERİNE ÜYE BALIKÇILARIN SOSYO-DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERİ 609

Yunus KAYA, Nizar POLAT / UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE BUĞDAY BİTKİSİNİN İNCELENMESİ 617
Nilüfer KART AKTAŞ, Elif SUBAŞI / KENTSEL GELİŞİM SÜRECİNDE KENT PEYZAJLARI: ŞANLIURFA ÖRNEĞİ 629
Timur KAPROL / MİMARLIK EĞİTİMİNDE ‘’KÜLTÜR MEKÂNI TEMALI - KENTSEL ÖRÜNTÜ’’ ÜRETİMİ ÜZERİNE BİR DENEME 645

ÖNSÖZ

6. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi (6. UBAK) Tam Metin Kitabını sunmak bizim için bir onurdur. Amacımız; uluslararası tanınan bilim insanlarının yeni çalışmalarını, meslektaşları ile bölgesel öğrencilere tanıtan ve Türkiye'de gerçekleştirilen başarılı akademik çalışmaları dünyaya gösteren bilimsel bir platform oluşturmaktır.

Kongremizde, çoklu disipline sahip araştırmalar üzerinde çalışan bilim insanlarının artan sayısı ve yeni projelere bağlı olarak mevcut araştırmayla ilgili fikirleri paylaşmak için ortak bir etkinlik oluşturulması amaçlanmıştır. Bu hedefler doğrultusunda sempozyuma temel bilimler ve mühendislik-mimarlık alanlarında çalışan bilim insanlarının bildirileri kabul edilmiştir.

Tam Metin Kitabı, 01-03 Kasım 2019 tarihleri esnasında Şanlıurfa-TÜRKİYE'de düzenlediğimiz VI. Bilimsel Araştırmalar Kongresi'ne sunulan Temel Bilimler ve Mühendislik-Mimarlık bildirilerinden hakem sürecinden olumlu rapor alan 54 bildiriden oluşmaktadır. Tam Metin Kitabında, dünyadaki ve ülkemizdeki temel bilimler ile mühendislik-mimarlık alanlarında bilim insanlarının çok etkili görüş ve en yeni tesbitlerini bulabilirsiniz.

En sıcak teşekkürlerimizi, kongremize davet edilen tüm konuşmacı, yazar ve katılımcılara davetimize katıldıklarından ve 6. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresine katkı sunduklarından dolayı gönderiyoruz.

Saygılarımla…

6. UBAK Tam Metin Kitabı Editörü

Dr. Öğr. Ü. Tülay GÜRSOY

AZ EĞİMLİ AÇIK KANAL AKIMININ RANS İLE İKİ BOYUTLU SAYISAL ANALİZİ

Alaattin SEVEN
Harran Üniversitesi

Veysel GÜMÜŞ
Harran Üniversitesi

Oğuz ŞİMŞEK
Harran Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışmada az eğimli kritik altı açık kanal akımının sayısal modellemesi, Reynolds ortalamalı Navier Stokes (RANS) denklemleri kullanılarak sonlu hacimler yöntemine dayalı çözüm yapan Ansys Fluent paket programı yardımıyla yapılmıştır. Sayısal modellemelerde akımın hareketini idare eden temel denklemlerin çözümünde, Re-normalization Grup (RNG), Kayma Gerilmesi Taşınımı (Shear Stress Transport-SST) ve Reynolds Gerilmeleri modelleri (Reynolds Stress Model-RSM), su hava arakesitinin belirlenmesinde ise Akışkan Hacimleri Yöntemi (Volume of Fluid) kullanılmıştır. Ardıçlıoğlu (1994) tarafından yapılan çalışmada deneysel olarak elde edilen akım hız profilleri, farklı türbülans modelleri kullanılarak sayısal olarak elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Deneysel ve sayısal hız profillerinin karşılaştırılmasında niceliksel kriter olarak ortalama karesel hata (OKH) ve ortalama mutlak göreceli hata (OMGH) değerleri tercih edilmiştir. Karşılaştırma sonucunda, kritik altı açık kanal akımının sayısal modellemesinde SST türbülans modelinin bu çalışmada kullanılan diğer türbülans modellerine kıyasla daha başarılı olduğu belirlenmiştir. Deneysel ve sayısal sınır tabakasının kalınlığı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Eğimli açık kanal, Sayısal model, Akışkan hacimleri yöntemi, Hız profili, Sınır Tabakası

Two-Dimensional Numerical Analysis of Mild-Slope Open Channel Flow with RANS

ABSTRACT: In this study, numerical modeling of the low-slope subcritical open channel current is carried out with the help of the Ansys Fluent package program which is based on the finite volume method using RANS equations. Re-normalization Group (RNG), Shear Stress Transport (SST) and

Reynolds Stresses models (RSM) are used to solve the basic equations governing the movement of flow in numerical models, and Volume of Fluid (VOF) method is used to determine the water-air intersection. Ardıçlıoğlu (1994), in his study, flow velocity profiles obtained experimentally are compared with the numerical results obtained by using different turbulence models. In the comparisons, mean square error (MSE) and mean absolute relative error (MARE) values are preferred as quantitative criteria. Experimental and numerical velocity profiles obtained from different sections made according to these criteria are compared. As a result, SST turbulence model is found to ***be more successful in numerical modeling of subcritical open channel current than other turbulence models used.***

Keywords: Mild-Slope Open Channel, numerical Model, *Volume of Fluid, Velocity profile, Boundary Layer*

1. GİRİŞ

Açık kanal akımları hidrolik mühendisliği alanındaki uygulamalarda sıklıkla karşılaşılan akım türüdür. Barajlardan veya göletlerden sulama suyu temin etmek amacıyla inşa edilen açık kanalların akım hızları genellikle düşük ve derinlikleri fazladır. Açık kanalların eğimleri oldukça düşüktür. Kanal eğiminin az olması suyun istenilen yönde ve hızda akmasının yanında, sürtünme kayıplarının azalması yönünde birçok avantajı bünyesinde barındırmaktadır. Derinliğin fazla olması sulama suyu ihtiyacı olduğunda daha fazla debinin kolay alınmasını sağlamaktadır. Açık kanal akımları birçok çalışmaya konu olmuş bir akım problemi olmasına rağmen araştırmacılar tarafından bazı akım özelliklerinin incelenmesine devam edilmektedir.

Sonlu hacimler yöntemi ile akım-yapı etkileşimine sahip akımlarının sayısal modellenmesi, bilgisayar teknolojilerinde meydana gelen gelişmelere paralel olarak dünyada daha sık kullanılmaya başlanmıştır (Gümüş ve ark. 2015, Şimşek ve ark. 2015, Şimşek ve ark. 2016, Soydan ve ark. 2018, Telkıran ve ark. 2019). Yapılan çalışmalar genellikle farklı yapı akım etkileşimi olan modellemede en uygun türbülans modelinin belirlenmesi üzerine olmakta, ayrıca hesap maliyetinin Large Eddy Simülasyon (LES) ve Dehacthed Eddy Simülasyon (DES) modellerine kıyasla daha düşük olması sebebiyle RANS denklemleri modellemelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Şimşek (2017) çalışmasında, dolusavak şüt kanalı sonunda bulunan enerji kırıcı yapı üzerinden geçen akımın deneysel ve sayısal modellemesini yapmıştır, sayısal çözümde türbülansın tanımlanmasında, Standart k-ε (SKE), Re- normalization Group k-ε (RNG), Realizable k-ε (RKE), *Kayma gerilmesi Taşınımı (*Shear Stress Transport), Modified k-ω (MKW) ve Reynolds Gerilmeleri Modeli (Reynolds Stress Mo-

del-RSM) kullanmış ve çalışma sonucunda, serbest hidrolik sıçramanın akım karakteristiklerinin belirlenmesinde RSM modelinin en başarılı model olarak belirlenmiştir. Gümüş ve ark. (2014), çalışmalarında kapak sonrası meydana gelen batık hidrolik sıçramanın modellemesi için farklı türbülans kapatma modellerini kullanmışlardır. Serbest su yüzünün belirlenmesinde VOF yöntemini, sayısal çözümlerin ağ yapısından bağımsızlığını belirlemek için ise GCI yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda kayar kapak sonrası meydana gelen batık hidrolik sıçramanın modellemesinde RSM modelinin en başarılı model olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada, az eğimli bir açık kanal modelinde Ardıçlıoğlu (1994) tarafından elde edilen deneysel hız profilleri, sonlu hacimler yöntemine dayalı ANSYS Fluent programı ile farklı türbülans modelleri kullanılarak sayısal olarak modellenmiştir. Serbest su yüzünün belirlenmesinde Akışkan Hacimleri Yöntemi (Volume of Fluid-VOF) yöntemi, türbülansın modellenmesinde ise literatürde sıklıkla kullanılan RANS denklemlerini çözen RNG, SST ve RSM türbülans modelleri kullanılmış ve bu türbülans modelleri kullanılarak elde edilen sayısal bulgular deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

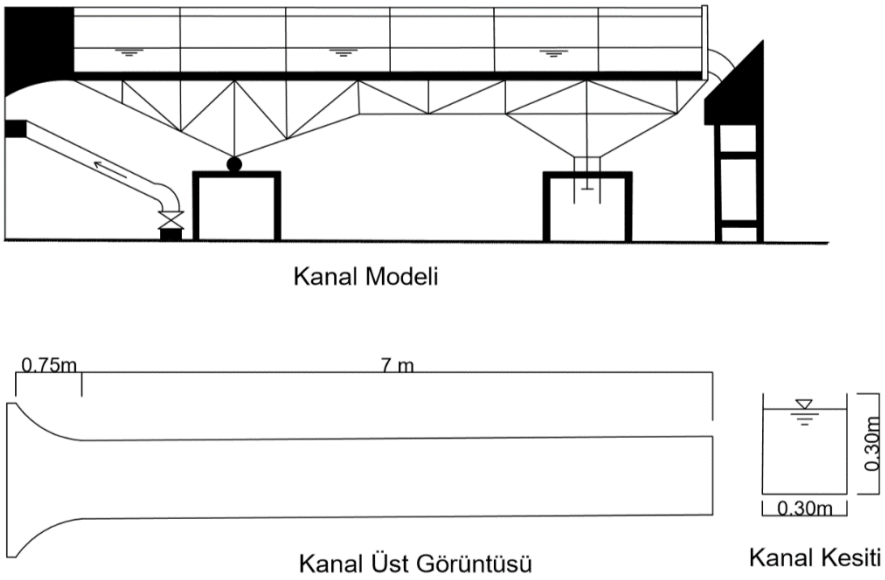
2.1. Deney Özellikleri

Deneyler, Ardıçlıoğlu (1994) tarafından Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Laboratuvarında Şekil 1'de görülen açık kanal modeli üzerinde yapılmıştır. Deneylerin yapıldığı kanalın yan duvarları ve tabanı camdan imal edilmiştir. Dikdörtgen kesitli açık kanal modelinin boyutları 30x30x700 cm'dir. Suyun açık kanal ve depo arasındaki sirkülasyonu santrifüj pompa ile yapılmaktadır. Deneylerde farklı debi durumlarında *x* doğrultusundaki hız bileşeni (u) tek boyutlu lazer doppler anenometresiyle (LDA) ölçülmüştür. Kanal boyunca *x*=0.60, 1.40, 1.90, 2.40, 2.90, 3.40, 3.90, 4.40, 4.90 ve 5.40 m kesitlerinde LDA ile hız ölçümleri yapılmıştır. Sayısal modellemede, Ardıçlıoğlu(1994) tarafından yapılan deneysel ölçümlerden en fazla su derinliğine sahip akım durumu kullanılmıştır. Bu akım durumuna ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tabloda bulunan S açık kanalın eğimini, Q akım debisini, h su derinliğini, b açık kanalın genişliğini ve Fr ise kanal girişinde ölçülen Froude sayısını temsil etmektedir. Froude sayısı Denklem 1'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} \qquad (1)$$

Burada, **V** kesit ortalama hızı, **g** yerçekimi ivmesi, **h** su derinliğini temsil etmektedir.



Şekil 1: *Açık kanal modeli (Ardıçlıoğlu, 1994)*

Tablo 1: *Akım özellikleri*

S	Q (l/s)	h (mm)	b (mm)	Fr
0.0005	19.5	200	300	0.232

2.2. Temel Denklemler ve Türbülans Modelleri

Hafif eğimli açık kanal akımı türbülanslı bir akım olup, bu tür akımın hareketinin çözülebilmesi amacıyla kullanılacak temel denklemler süreklilik ve Reynolds Ortalamalı Navier-Stokes (RANS) denklemleridir. Bu denklemler sırasıyla Denklem 2 ve Denklem 3'te verilmiştir.

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \qquad (2)$$

$$\rho\left(\frac{\partial u_i}{\partial t}+u_j\frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right)=\rho g_i-\frac{\partial p}{\partial x_i}+\mu\frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2}+\frac{\partial}{\partial x_j}(\tau_{ij}) \qquad (3)$$

Süreklilik ve RANS denklemlerinde bulunan u_i ortalama hız bileşenlerini, p ortalama basıncı, m akışkanın dinamik viskozitesini, ρ akışkanın yoğunluğunu, ρgi yerçekiminin sebep olduğu kütlesel kuvveti, t zamanı, τ_{ij} ise türbülans (Reynolds) gerilmelerini ifade etmektedir.

Türbülans yani Reynolds gerilmeleri Boussinesq yaklaşımına göre Denklem 4'teki gibi ifade edilir:

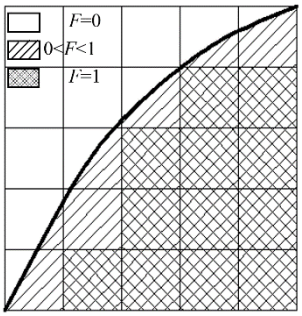
$$\tau_{ij}=-\rho\overline{u_i'u_j'}=\mu_t\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)-\frac{2}{3}\delta_{ij}\rho k \qquad (4)$$

Burada, u_i' ve u_j' türbülans hız sapınçları ve μ_t türbülans viskozitesi olup δ_{ij} Kronecker deltadır

(i=j için δ_{ij}=1). Türbülans viskozitesinin sayısal olarak hesaplanabilmesi için literatürde sıklıkla kullanılan RNG (Yakhot ve Orszag, 1986; Yakhot ve ark., 1992), SST (Menter, 1994) ve RSM (Launder ve ark., 1975) türbülans modelleri kullanılmıştır.

2.3. Akışkan Hacimleri Yöntemi (Volume of Fluid-VOF)

VOF yöntemi, birbirine karışmayan iki veya daha fazla akışkan arasındaki ara yüzeyin şeklinin belirlenebilmesi için çözüm ağına uygulanabilir (Hirt ve Nichols, 1981). Bu tez çalışması kapsamında su-hava ara kesitinin belirlenebilmesi için kullanılan bu yöntem, hücrelerin boş, kısmen ya da tam su ile dolu olduğunu belirlemede kullanılmaktadır. Buna göre, hacimsel doluluk oranını temsil etmesi için bir akışkan hacmi (F) tanımlanır. F=1 için ağ elemanı tam dolu, F=0 için boş (hava ile dolu) ve 0<F<1 için ağ elemanı kısmen dolu olmaktadır (Şekil 2). VOF yönteminde ara kesitin hesaplanmasında farklı yaklaşımlar bulunmakla beraber, bu çalışmada "Geo-Reconstruct" yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yöntem ile ilgili detaylar Gümüş (2014)'te verilmiştir.

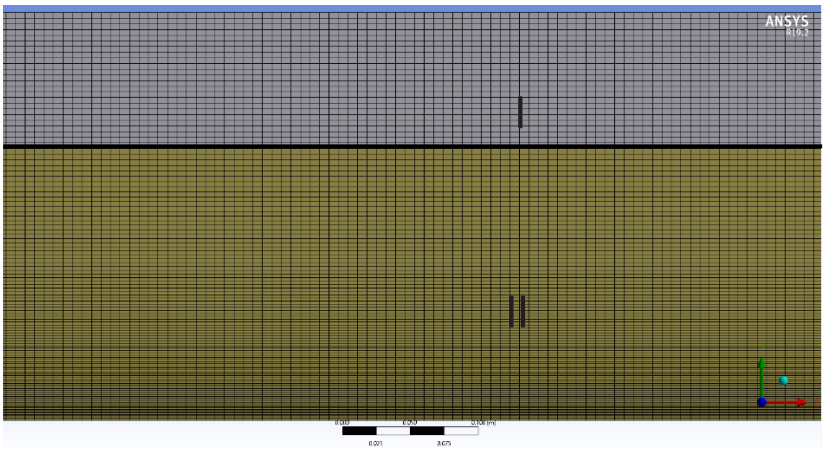


Şekil 2: *Ağ elemanlarının doluluk oranları*

2.4. Sayısal Ağ Yapısı

Sayısal model sonuçlarının üzerinde ağ yapısının etkisinin olduğu sayısal model çalışması yapanlar tarafından bilinmektedir. Çalışmada kullanılan ağ yapısı Şekil 3'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi sayısal çözüm bölgesi 2 alt bölgeye ayrılmıştır. Kanal tabanına yakın bölgede yani katı sınıra yakın bölgede ağ yapısı sıklaştırılmış ve bu bölgede daha hassas çözümlerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Tablo 2'de bu bölgede bulunan eleman sayıları verilmiştir.

Akışkan hacimleri yönteminin su hava arakesitinin belirleyebilmesi için su yüzünün üzerinde bir bölge (Bölge I) oluşturulmuştur. Bu bölgede oluşturulan ağ elamanlarının yoğunluğu duvar yakını bölgesine göre daha azdır. Böylelikle hesaplama yükü azaltılmıştır.



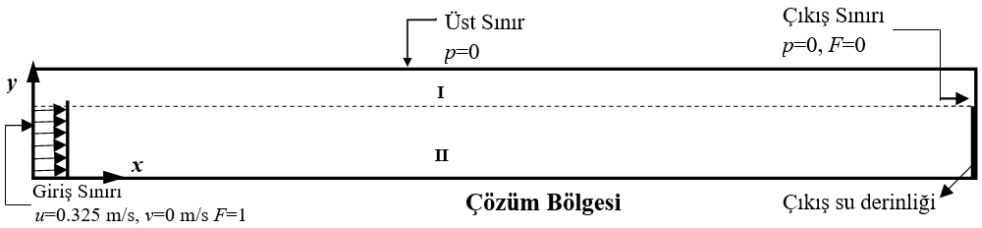
Şekil 3: *Hesaplama ağı*

Tablo 2: *Farklı alt bölgelerde bulunan ağ elemanı sayıları*

Alt Bölge	Eleman sayısı
I. Bölge	20x1000
II. Bölge	95x1000

2.5. Çözüm Bölgesi, Başlangıç ve Sınır Şartları

Sayısal modellemede kullanılan çözüm bölgesi, sınır ve başlangıç şartları Şekil 4'te verilmiştir. Çözüm bölgesinin sol alt sınır x-y koordinat takımının orjini olarak kabul edilmiş ve boyutlar bu koordinat sistemine göre tanımlanmıştır. Başlangıç şartı olarak çözüm bölgesi tamamen boş kabul edilmiş yani F=0 olarak çözüme başlanmıştır. Giriş sınırında suyun bu kesitten girdiğini göstermek üzere giriş sınırında başlangıç şartı olarak F=1 olarak verilmiştir. Çözüm bölgesinin giriş sınırında deneysel hız profilinden elde edilen akım ortalama hızı u=0,325 m/s olarak verilmiştir. Diğer hız bileşeni (v)ise sıfır olarak kabul edilmiştir. Üst ve çıkış sınırında p=0 şartı tanımlanıp yani atmosfere açık olduğu belirtilmiştir. Deneysel çalışmada kanal çıkışında bulunan kapağın yüksekliğinin belirtilmemiş olmasından dolayı sayısal modelde bu çıkış sınırında deneysel verilerden elde edilen su derinliği h=20 cm olarak tanımlanmıştır. Sayısal modelleme bu sınır ve başlangıç şartları altında su giriş ve çıkış sınırında dengeye ulaşana kadar devam etmiştir. Sayısal modellemede çözüm süresi 90 s olarak belirlenmiş ve bu süredeki çözümde giriş ve çıkışta debinin süreklilik sağladığı belirlenmiştir.



***Şekil** 4: Çözüm bölgesi, sınır şartları ve başlangıç şartları*

3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

3.1. Deneysel ve Sayısal Hız Profilleri

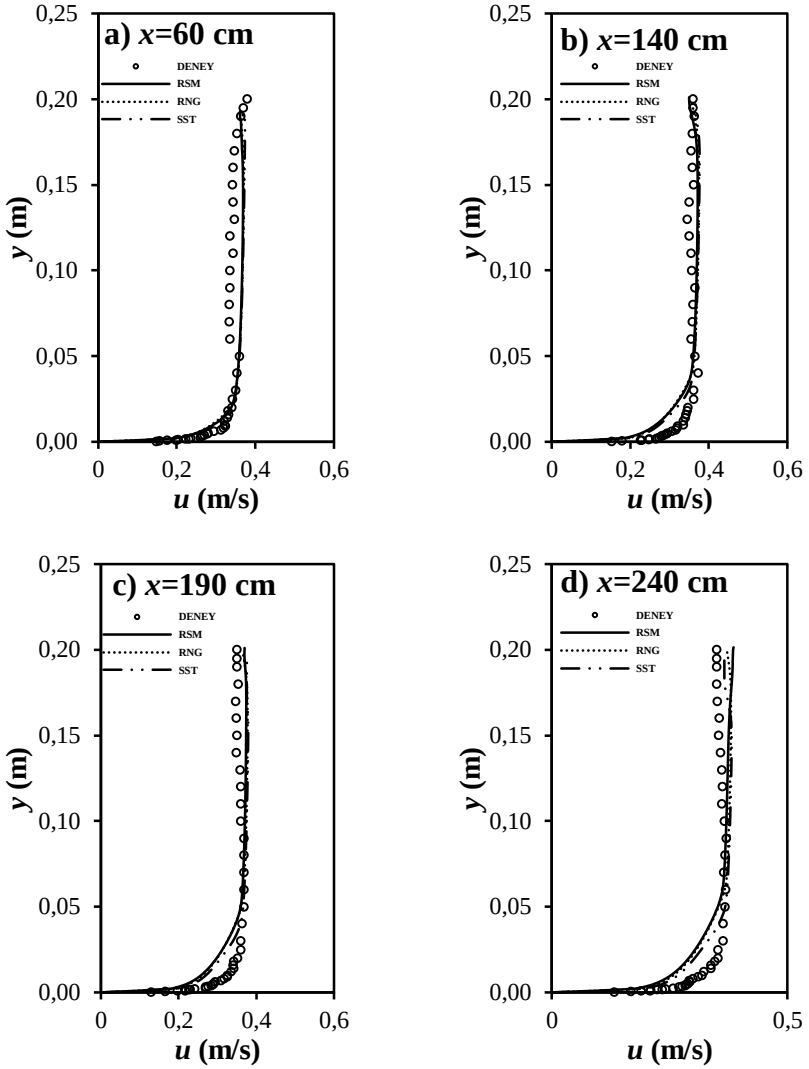
Deneysel ve RNG, SST ve RSM türbülans modelleri kullanılarak elde edilen sayısal hız profillerinin karşılaştırılması sonucunda elde edilen OKH ve OMGH değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Tabloda bulunan değerlerin üzerinde parantez içinde bulunan rakamlar türbülans modelinin başarı sıralamasını ifade etmektedir. Ayrıca ele alınan kesitlerde elde edilen en düşük OKH ve OMGH değerleri diğer bir ifadeyle en iyi tahminde bulunan türbülans modeli koyu renkle gösterilmiştir. Ele alınan 10 kesitin 9'unda SST türbülans modeli deneysel verilere en yakın tahminde bulunurken sadece *x*=3.4 m kesitinde RSM türbülans modeli en başarılı model olmuştur. Ele alınan tüm kesitlerde, SST modeli kullanılarak en küçük OKH ve OMGH değeri x=1.9 m kesitinde, en büyük değerler ise x=3.4 m kesitinde elde edilmiştir. Tablonun son satırında farklı türbülans modelleri kullanılarak 10 farklı kesitte elde edilen OKH ve OMGH değerlerinin ortalaması verilmiştir. 10 farklı kesite ait değerlerin ortalaması son satırda verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde türbülans modellerinin başarı sıralamasının SST, RSM ve RNG şeklinde oluştuğu görülmektedir. SST türbülans modelinin sınır tabakasına yakın bölgede k-ε, diğer bölgelerde ise k-ω denklemlerine dayalı çözüm yapmasından dolayı hibrit bir model olarak anılmaktadır. RNG ve RSM türbülans modellerinin geliştiren araştırmacılar tarafından eğri yörüngeli ve ikincil akımların mevcut olduğu akımlarda başarılı olduğu ifade edilmektedir. Bu çalışmaya konu olan hafif eğimli açık kanal akımında herhangi bir sınır tabakası ayrılması veya ikincil akımların oluşumu söz konusu olmamasından dolayı bu iki modelin bu çalışmada başarılı olmaması normal olarak değerlendirile bilinir.

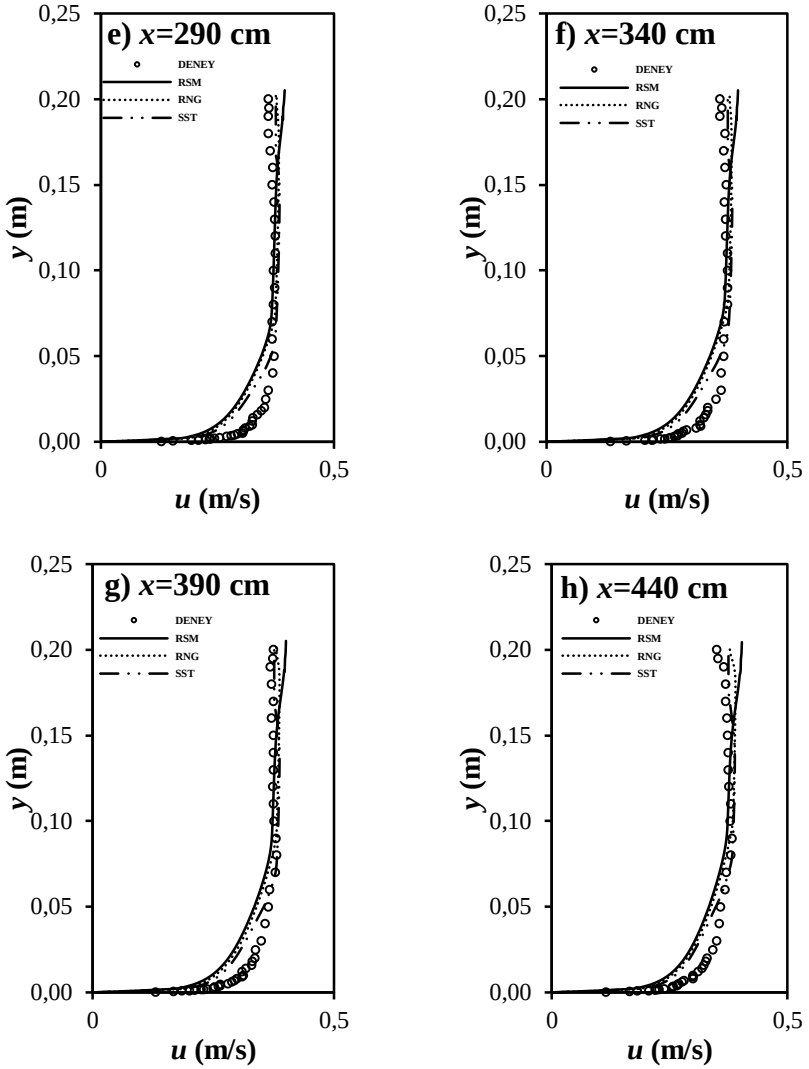
***Tablo 3**: Farklı türbülans modellerine ait OKH ve OMGH değerleri*

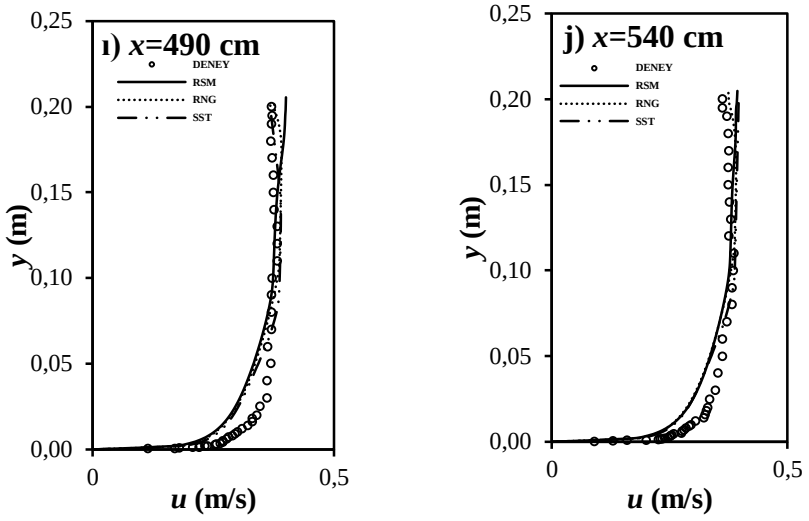
x (m)	RNG		SST		RSM	
	OKH (cm^2/s^2)	OMGH (%)	OKH (cm^2/s^2)	OMGH (%)	OKH (cm^2/s^2)	OMGH (%)
0.6	3.28(3)	7.73(3)	**1.66(1)**	**5.29(1)**	2.70(2)	5.94(2)
1.4	4.06(3)	9.27(3)	**1.04(1)**	**3.59(1)**	2.00(2)	4.39(2)
1.9	3.28(3)	8.35(3)	**0.61(1)**	**2.90(1)**	1.48(2)	4.41(2)
2.4	1.97(3)	6.08(3)	**0.71(1)**	**3.39(1)**	1.20(2)	5.61(2)
2.9	3.59(3)	8.58(3)	**1.11(1)**	**4.15(1)**	1.68(2)	4.72(2)

3.4	7.34(3)	13.18(3)	6.34(2)	10.68(2)	**1.46(1)**	**10.32(1)**
3.9	2.07(2)	6.16(3)	**1.03(1)**	**3.94(1)**	6.33(3)	4.63(2)
4.4	1.33(3)	4.25(2)	**0.69(1)**	**2.51(1)**	1.31(2)	5.09(3)
4.9	1.10(2)	3.76(2)	**0.70(1)**	**2.56(1)**	1.57(3)	5.65(3)
5.4	1.01(2)	3.72(2)	**0.86(1)**	**3.65(1)**	1.88(3)	7.57(3)
Ort.	2.90(3)	7.11(3)	**1.47(1)**	**4.26(1)**	2.16(2)	5.83(2)

Şekil 5'te, Ardıçlıoğlu (1994) tarafından deneysel olarak elde edilen hız profilleri ile RNG, SST ve RSM türbülans modelleri kullanılarak elde edilen hız profillerinin grafiksel karşılaştırılması verilmiştir. Deneysel ve sayısal hız profillerinin karşılaştırılmasında açık kanal başlangıcından kanal sonuna kadar 10 farklı kesitte elde edilen hız profilleri kullanılmıştır. Kanal başlangıcına en yakın kesit olan x=60 cm kesitinde elde edilen hız profilinden, kanal tabanına yakın bölgede deneysel ve sayısal hız profillerinin arasındaki uyumun su yüzüne yakın bölgeye göre daha iyi olduğu görülmektedir. x=140, 190, 240, 290, 340, 390 ve 440 cm kesitlerinde elde edilen deneysel ve sayısal hız profillerinin karşılaştırılmasından bu kesitlerde katı sınıra yakın bölgede x= 60 cm kesitinin aksine kanal tabanına yakın bölgede uyumun az olduğu, su yüzüne doğru gittikçe hız profilleri arasındaki uyumun giderek arttığı görülmüştür. Sayısal modellemede kullanılan akım giriş şartı olarak deneysel elde edilen hız profilinin bir fonksiyon olarak tanımlanmış olmasından dolayı x=60 cm kesitinde kanal tabanına yakın bölgede uyumun daha yüksek olduğu söylene bilir. x=60 cm kesitinin dışında kalan kesitlerde ise kanal tabanına yakın bölgede deneysel hız değerlerine kıyasla sayısal hız değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Bu sonuçtan sayısal modellemelerde sınır tabakasının gelişim gösterdiği bölge içinde kalan hız değerlerini tahmin etmede başarısız olduğu görülmektedir. Deneysel ve sayısal hız profillerinin arasındaki farkın sayısal modelleme de kullanılan hesaplama ağ yapısının yeteri kadar hassas olmaması ve duvar yakını modellemesinde standart duvar yakını fonksiyonunun tercih edilmesi olarak düşünülmektedir. Sayısal modellemede kullanılan RNG, SST ve RSM modellerinin 10 farklı kesitte elde edilen hız profilleri arasında bariz farklılıkların bulunmadığı genellikle birbirine benzer hız profillerinin elde edildiği görülmektedir.


a) x=60 cm
b) x=140 cm
c) x=190 cm
d) x=240 cm
DENEY
RSM
RNG
SST
y (m)
u (m/s)
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
0
0,2
0,4
0,6
0,5


e) x=290 cm
f) x=340 cm
g) x=390 cm
h) x=440 cm
DENEY
RSM
RNG
SST
y (m)
u (m/s)
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
0
0,5

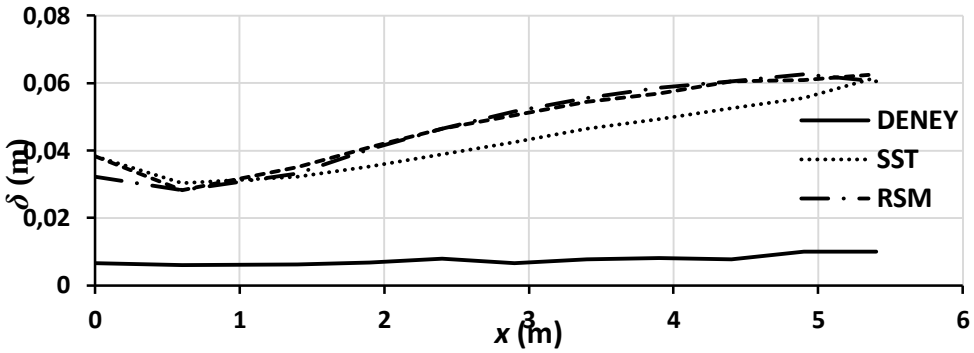


Şekil 5: Deneysel ve sayısal hız profilleri

3.2. Deneysel ve Sayısal Sınır Tabakası Kalınlığı

Deneysel ve farklı türbülans modelleri kullanılarak sayısal olarak elde edilen sınır tabakası kalınlığının kanal boyunca değişimi Şekil 6'da verilmiştir. Deneysel ve sayısal sınır tabakasının kalınlığı, akım ortalama hız değerinin 0.99 katının elde edildiği su derinliği olarak belirlenmiştir. Deneysel ve sayısal sınır tabakasının kalınlığı değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Deneysel olarak elde edilen sınır tabakası kalınlığının 0.01 m'nin altında olduğu, sayısal sınır tabakasının kalınlığının ise 0.03 ile 0.06 m aralığında olduğu görülmektedir. Deneysel ve sayısal sınır tabakasının kalınlığının birbiri ile uyumsuz olduğu ve kanal sonuna doğru ilerledikçe sınır tabakası kalınlığının arttığı ifade edilebilir. Sınır tabakası kalınlığının uyumsuzluğu, hız profillerinin katı sınırına yakın bölgedeki uyumsuzluk ile benzerlik göstermektedir. RSM ve RNG türbülans modelleriyle elde edilen sınır tabakası kalınlığının aynı olduğu ve SST türbülans modelinin bu modellere kıyasla deneysel sonuçlara daha iyi tahminde bulunduğu görülmektedir.

Sayısal modellemede kullanılan hesaplama ağı tasarımının katı sınıra yakın bölgede daha hassas oluşturulması ve duvar yakını modellenmesinde farklı seçeneklerin kullanılması deneysel verilere daha yakın sonuçlar elde edilmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir.



Şekil 6: *Deneysel ve sayısal sınır tabakası kalınlığı*

Tablo 4: *Deneysel ve sayısal sınır tabakası kalınlığı*

Model\Kesit	0.6(m)	1.4(m)	1.9(m)	2.4(m)	2.9(m)	3.4(m)	3.9(m)	4.4(m)	4.9(m)	5.4(m)
Deney	0.00600	0.00630	0.00680	0.00800	0.00650	0.00780	0.00810	0.00780	0.01000	0.01000
SST	0.03030	0.03232	0.03535	0.03890	0.04242	0.04646	0.04940	0.05252	0.05550	0.06161
RSM	0.02828	0.03320	0.04040	0.04646	0.05151	0.05550	0.05858	0.06060	0.06262	0.06060
RNG	0.02820	0.03500	0.04100	0.04650	0.05050	0.05450	0.05700	0.06060	0.06100	0.06260

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, hafif eğimli kritik altı açık kanal akımının sayısal modellemesi farklı türbülans modelleri kullanılarak yapılmıştır. Akım alanının belirlenmesinde sonlu hacimler yönteminden, su yüzü profilinin belirlenmesinde ise akışkan hacimleri yönteminden yararlanılmıştır. Türbülans modellerinin deneysel verileri tahmin etmedeki başarısını belirlemek amacıyla ortalama karesel hata ve ortalama mutlak görece hata değerleri kullanılmıştır. Deneysel ve sayısal hız profillerinin karşılaştırılmasından en başarılı modelin SST türbülans modeli olduğu görülmüş ve SST türbülans modelini RSM ve RNG türbülans modellerinin sırasıyla takip ettiği belirlenmiştir. Deneysel ve sayısal hız profillerinin grafiksel karşılaştırılmasından ise katı yüzeye yakın bölgede hız profillerinin birbiri ile uyumunun su yüzüne yakın bölgeye göre daha az olduğu görülmüştür. Deneysel ve sayısal olarak elde edilen sınır tabakası kalınlığının katı sınıra yakın bölgede elde edilen hız profillerine benzer şekilde

birbiriyle uyumsuz olduğu görülmüştür. Katı sınıra yakın bölgede daha ince ağ elemanlarının oluşturulmasının bu problemin çözümünde etkin olacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (HÜBAP) tarafından 18197'nolu proje ile desteklenmiştir. Ayrıca, HÜBAP tarafından bilimsel etkinliklere katılım projesi kapsamında da desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı HÜBAP'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Ardıçlıoğlu, M. 1994. Pürüzsüz açık kanal akımlarında türbülanslı hız dağılımının Laser Doppler Anemometresi ile incelenmesi (Doctoral dissertation, doktora tezi, Çukurova Üniversitesi).

Aköz, M. S., Şimşek, O., Soydan, N. G., Gümüş, V., & Kırkgöz, M. S. RSM Türbülans Modeli İle Enerji Kırıcı Yapı Üzerindeki Akımın Sayısal Modellenmesi.

GÜMÜŞ, V., & ŞİMŞEK, O. Eğimli Açık Kanal Akımının Farklı Türbülans Modelleri ile Sayısal Modellemesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30(2), 41-54.

GÜMÜŞ, V., & KIRKGÖZ, M. S. 2014. Dolusavak Akımının Farklı Türbülans Kapatma Modelleri ile Sayısal Hesabı. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29(1), 71-81.

Gumus, V., Simsek, O., Soydan, N. G., Akoz, M. S., & Kirkgoz, M. S. (2015). Numerical modeling of submerged hydraulic jump from a sluice gate. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 142(1), 04015037.

Launder, B. E., and Spalding, D. B., 1972. Lectures in mathematical models of turbulence, New York. Academic Press.

Menter, F. R., 1994. Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. AIAA journal, 32(8):1598-1605.

SOYDAN, N. G., AKÖZ, M. S., ŞİMŞEK, O., & GÜMÜŞ, V. 2012. Trapez Kesitli Geniş Başlıklı Savak Akımının ke Tabanlı Türbülans Modelleri ile Sayısal

Modellenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 27(2), 47-58.

Soydan, N. G., Şimşek, O., & Aköz, M. S. (2018). Köprü Ayağı Etrafındaki Türbülanslı Akımın Sayısal ve Deneysel Analizi. Politeknik Dergisi, 21(1), 137-147.

Soydan, N. G., Şimşek, O., & Aköz, M. S. (2018). Köprü Ayağı Etrafındaki Türbülanslı Akımın Sayısal ve Deneysel Analizi. Politeknik Dergisi, 21(1), 137-147.

Şimşek, O., Aköz, M. S., & Gümüş, V. 2011. Eğrisel Geniş Başlıklı Savak Üzerinden Geçen Açık Kanal Akımının Deneysel ve Teorik Analizi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26(2), 47-55.

Simsek, O., Akoz, M. S., & Soydan, N. G. (2016). Numerical validation of open channel flow over a curvilinear broad-crested weir. Progress in Computational Fluid Dynamics, an International Journal, 16(6), 364-378.

ŞİMŞEK, O., SOYDAN, N. G., GÜMÜŞ, V., AKÖZ, M. S., & KIRKGÖZ, M. S. (2015). Ani Bir Düşüdeki B-tipi Hidrolik Sıçramanın Sayısal Modellenmesi. Teknik Dergi, 26(4), 7215-7240.

Şimşek, O. (2017). Enerji kırı yapı üzerindeki akımın sayısal ve deneysel analizi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

TELKIRAN, M. N., AKÖZ, M. S., ŞİMŞEK, O., & SOYDAN, N. G. 2019. Dolusavak Üzerinden Geçen Akımın Sayısal Analizi: Mersin Dereyurt Göleti Dolusavak Örneği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(1), 155-168.

Telkıran, M. N., Aköz, M. S., Şimşek, O., & Soydan, N. G. 2019. Dolusavak Üzerinden Geçen Akımın Sayısal Analizi: Mersin Dereyurt Göleti Dolusavak Örneği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(1), 155-168.

Yakhot, V., and Orszag, S. A., 1986. Renormalization-group analysis of turbulence. Physical Review Letters, 57(14):1722-1724.

Yakhot, V., Orszag, S., Thangam, S., Gatski, T., and Speziale, C., 1992a. Development of turbulence models for shear flows by a double expansion technique. Physics of Fluids A: Fluid Dynamics (1989-1993), 4(7):15101520.

TÜRKİYE'DEKİ ÜNİVERSİTELERDE YANGIN MÜHENDİSLİĞİ MÜFREDAT PROGRAMI

Graduate Student Aykut ONURSAL
Boğaziçi Üniversitesi

Assoc. Prof. Serdar SELAMET
Boğaziçi Üniversitesi

ÖZET: Yangın, yapılar üzerinde deprem kadar ciddi etkisi olan doğal bir afettir. Yapılarda ciddi yangın hasarları nadir görülmekle beraber, Türkiye'deki milyonlarca yapı stoku düşünülünce yangının ekonomide yarattığı yıllık ortalama maddi kayıp, depremin yarattığı kayıptan daha büyüktür. Kentsel dönüşüm ile Türkiye'de sayısı hızla artan yüksek katlı konut binalarında yangının etkisi incelenmelidir; çünkü bu binalar her ne kadar depreme dayanıklı yapılsa da bu konutların çoğu depremin ardından oluşabilecek bir yangına dayanıklı değildir. Bu yüzden, günümüzde yangın mühendisliğinin önemi ve donanımlı yangın mühendislerine olan ihtiyaç giderek artmaktadır ve yangın danışmanlarının çoğu teorik altyapıda yetersiz kalmaktadırlar. Bu altyapıyı sağlayacak tek yer üniversitelerdir ve maalesef Türkiye'deki yüksek öğretim kurumlarında yangın mühendisliği üzerine verilen dersler yok denecek kadar azdır. Yangın bilimi, ısı transferi, yapı analizi ve malzeme bilimi gibi birçok farklı araştırma alanını bir arada bulunduran yangın mühendisliğinin, inşaat mühendisliği lisans eğitiminde son sınıf ve yüksek lisans öğrencilerine verilmesi önerilmektedir. Bu çalışmada, farklı araştırma alanlarını tek bir çerçevede toplayan bilgisayar destekli yazılım uygulamalı bir ders programı tanıtılmıştır. Kapsamlı bir yangın mühendisliği analiz raporu çıkarabilecek bir altyapıyı öğrencilere verebilmek hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Yapısal yangın, yangın mühendisliği, eğitim.

Fire Engineering Curriculum in Turkish Universities

ABSTRACT: Fire is a natural disaster which can be as hazardous as earthquake on structures. Despite being a rare event, fire on structures has a higher consequence in terms of financial burden when compared with earthquake mainly because of millions of structure inventories in Turkey. With the advent of Urban Transformation Act, there is unprecedent rise in tall residential buildings in Turkey and fire safety in such structures must be investigated even though they are designed to perform well under earthquake. These structures are not resilient for fire conditions after a possible earthquake. The importance

of fire engineering and the demand for expert fire engineers rapidly grows in Turkey and most of the fire counselors lack the theoretical foundation to guide in fire engineering. The only place to address this problem is the higher education institutions such as universities and unfortunately, fire engineering is almost non-existent in curriculum of Turkish universities. The multi-disciplinary fire engineering course, which encompasses fire science, heat transfer, structural analysis and material science is suggested to be introduced to senior undergraduates and graduate students. In this paper, a new framework in structural engineering curriculum is created to include multi-disciplinary fire engineering concepts backed up by computational software. The main goal is to provide students a proper foundation to create advanced fire strategy reports essential for performance-based engineering.

Keywords: Structural fire, fire engineering, education.

1. INTRODUCTION

The increase in number of tall residential buildings and current industrial buildings that require fire investigation due to vast amount of combustible materials that is stored in them, creates a high demand for fire consultants. Many fire consultants in the field are not academically trained due to the lack of fire engineering courses in Turkish universities. Fire engineering is a multi-disciplinary field which has three main pillars; fire science, heat transfer and thermomechanical analysis of structures. Therefore, course content suggested in this paper elaborates on these pillars.

Step by step procedure of writing a fire strategy report can be simplified as creating a design fire (time-temperature curve), estimating egress time from a structure, calculating the temperature distribution in structural members and finally conducting a structural system analysis with thermally induced forces. This procedure can be visualized with a flow chart shown in Figure 1 (Selamet, CE549 Course Lecture Notes). Students who successfully complete the fire engineering course should be able to combine the theoretical knowledge provided in the course with design applications of real-life case studies and learn how to write fire strategy reports.

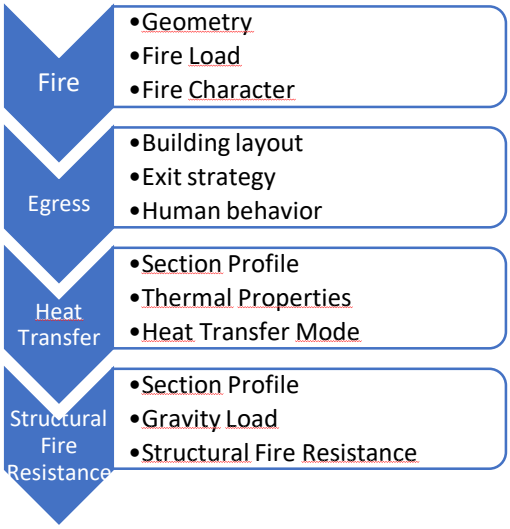


Figure 7:Flow Chart for Fire Engineering Pillars for Design

2. FIRE SCIENCE

Fire is an exothermic chemical reaction of an organic carbon based material which releases heat, carbon-dioxide, water vapor and reaction products based on the burning material. The simplest form of the complete combustion reaction is given in Equation 1. Here, "*other*" is the poisonous gases such as CO, SO_2, nitrogen oxide.

$$Fuel + O_2 = Heat + H_2O + CO_2 + N + Other \quad (1)$$

Complete combustion occurs repeatedly until the fuel or oxygen in the fire area runs out. Fire science is the first pillar in fire engineering and it investigates fire characteristic, fire growth and fire spread, which depends on the type of fire load as well as fire compartment ventilation.

2.1. Fire Event

In order to observe a fire event, an external source of heat is needed to raise the temperature of an object to its ignition temperature (Buchanan, 1999:39). Some of these external heat sources are; gas heaters, cigarettes, candles, etc. After the ignition, fire keeps growing until it reaches to a point where the external heat source is no longer necessary, which is defined as self-sustained fire. Fire starts to spread through other flammable objects and hot gases and smoke form a thick layer on the ceiling due to buoyancy. When the ceiling temperature due to the hot gases reaches

600°C flashover occurs. Flashover causes every flammable material in the room to burn simultaneously, which leads to an accelerated increase in temperature and heat release rate. Beyond flashover, no human being can survive in the fire compartment. Fire curve shown in Figure 2 summarizes the fire event. Figure 3 visualizes pre-flashover stage and flashover stages.

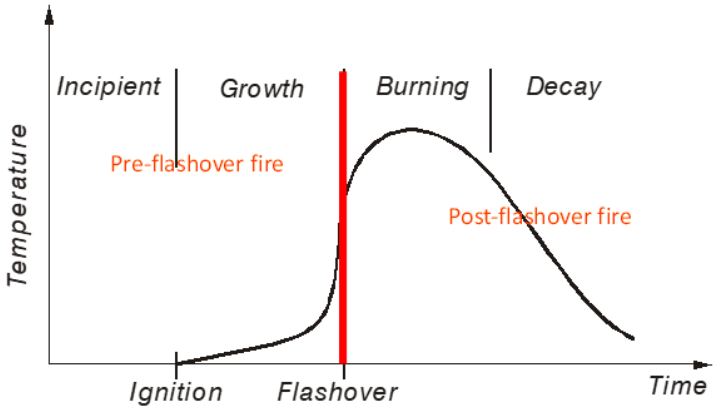


Figure 8:Fire Curve (Selamet, CE549Lecture Notes)

Figure 9: (a) Pre-flashover, (b) Flashover Stage

2.2. Fire Load (*E*)

The load for conventional structural engineering is due to mass of objects. The load for fire arises from the energy content of all the combustible objects inside the

structure. Fire can occur in any region of the structure, which is defined as the fire area (A_f). Energy released by a combustible material is found by Equation 2. *M* represents the mass of the material and ΔH_c represents the energy released per kg burned. Equation 3 is used to calculate fire load per area.

$$E = M\Delta H_c (MJ) \quad (2)$$

$$q_f = E/A_f \ (MJ/m^2) \quad (3)$$

2.2.1. Heat Release Rate (*Q*)

Heat release rate (*Q*) in Watts (MJ/s) characterizes the fire growth and duration of the fire. The area under a heat release rate curve over the duration of fire (*t*) defines the energy content (*E*) as shown in Equation 5. Every combustible material has a different heat release rate. Generally, in a fire region, the heat release rates of all the different combustible materials are added to estimate the total *Q*. It is essential to know as the heat release rate is the single most important variable in determining fire hazard (Babrauskas and Peacock, 1992:255-272). Heat release rate is calculated with Equation 6. Fire growth is assumed to spread radially (Selamet, TBE:26) and therefore is proportional to the time squared and called t^2 - fire. Here α represents the fire intensity coefficient (MJ/s^2). t^2-fires are used to construct pre-flashover phase of fire. Eurocode categorizes the fire growth as slow, medium, fast and ultra-fast depending on the material character in the fire compartment as shown in Table 1 (CEN, 2002).

$$Q = E/t \ (MJ/s) \quad (5)$$

$$Q = \alpha t^2 \quad (6)$$

Table 1: Fire Growth Rates of Typical Real Fires

Fire Growth Rate	**α ($1x10^{-3}$) MJ/s^2**	**Typical Material Contents**
Slow	0.00293	densely packed wood products
Medium	0.0117	Solid wood furniture such as desks, individual furniture items with small amount of plastic
Fast	0.0466	high stacked wood pallets, cartoons
Ultra-Fast	0.1874	upholstered furniture, thin wood furniture such as wardrobes

2.3. Compartment Fires

Unlike an open fire, compartment fires can be ventilation-controlled. Heat release rate in compartments depends not only on the burning rate of combustible materials but also on the fresh air inflow / hot gas outflow from compartment windows and radiation effects from hot gases accumulated in the ceiling. In order to calculate the fire time-temperature in a compartment fire, energy and mass balance equations must be formed as illustrated in Figure 4. The compartment is divided into hot and cold layers and mass and energy balance and interaction between layers are calculated for each layer at each time step as in Equation 7. Here, the first term is work done by hot gases, the second term defines the work done by pressure of hot gases and the third term relates to the net energy intake of the compartment by ventilation. On the right hand side of the equation, the heat release rate of fire as well as heat loss rate into the thermal boundaries (walls, floor and ceiling) are stated. The solution of this differential equation is performed at each time step and such numerical procedure is called "Zone Modeling".

$$\rho c_p z A \frac{dT}{dt} - zA\frac{dp}{dt} + c_p \sum_{j=1}^{J} \dot{m}_j (T_j - T) = Q_f - Q_{wall} - Q_{rad} \qquad (7)$$

Most commonly used Zone Modeling Program is CFAST (Peacock et al., 1993). CFAST calculates the distribution of smoke and temperature throughout the rooms of a building during a fire. OZone (Cadiron et al., 2001) is another Zone Modeling Program to calculate the temperatures in the hot and cold layer, however, it does not estimate smoke distribution. Compartment fires can also be modelled and solved using computational fluid dynamics field analysis, which is a more complex approach compared to zone models. Field models give thermo-dynamic and aerodynamic variables for all discrete points in a fire region (Selamet, CE549 Course Lecture Notes).

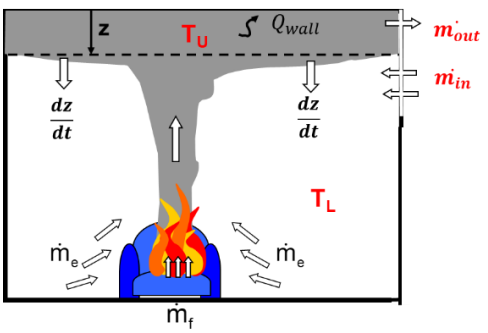


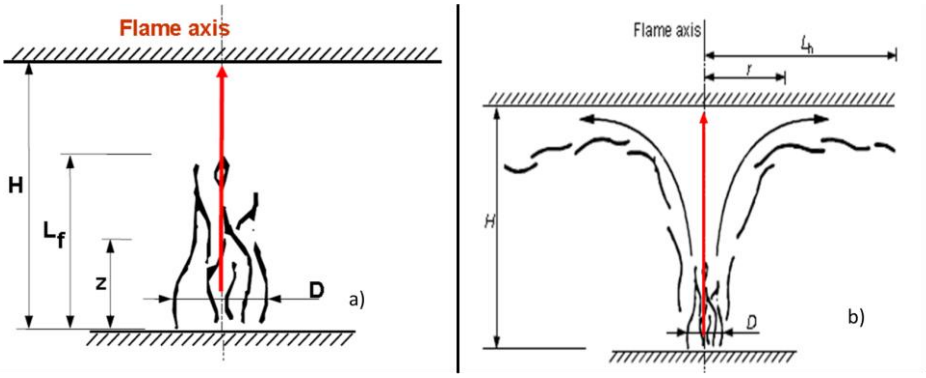
Figure 10: Compartment Fire Illustration (Zone Model)
(Selamet, CE549 Course Lecture Notes)

2.4. Localized (Open-air) Fires

A localized fire is described as an open-air fire with unlimited ventilation where the fire keeps growing as a function of time. Hot gases and smoke are generally unconfined. Most of the fires in growth stage are considered as local fires. These types of fires may be observed in large spaces such as atriums, theaters and car parks. Local fire burning duration is controlled only by fuel type and fuel amount not by ventilation. In local fires there are two different methods to calculate the temperatures at a specific flame height. Flame height is calculated with Equation 8 and here, D (m) represents fire diameter, Q (W) represents the heat release rate. Flame height determines which method to use for temperature calculations. As fire gets larger, the flame height decreases, and as fire intensity gets larger, the flame height increases. If fire impacts the ceiling Hasemi method is used, otherwise Heskestad method is used Heskestad Method and Hasemi Method localized fire illustrations are shown in Figure 5. The temperature calculations for localized fires can be found in Eurocode 3: Part 1-2 (2005).

$$L_f = -1.02D + 0.148Q^{0.4} \tag{8}$$

Figure 11: Fire Illustrations: (a) Heskestad Method, (b) Hasemi Method



3. HEAT TRANSFER

Energy difference in a material during a fire event results in a temperature increase. This energy difference is caused by the heat generated from fire transferred to material with conduction, convection and radiation. Therefore, temperature in structural members subjected to fire is calculated with these heat transfer modes.

3.1. Conduction

Heat is transferred in the structural material via conduction and governed by the 2nd order partial differential equation developed by Fourier. Here, T is the temperature, t is time and x, y, z are the space dimensions. Equation 9 is called the transient heat equation. The structural material properties density (ρ), thermal conductivity (k) and specific heat (c) are needed. Using classical approach such as Fourier Series or numerical approaches such finite difference or finite element method are needed to solve this equation for temperature $T(x,y,z,t)$.

$$\frac{pc}{k} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (9)$$

3.2. Convection

Convection is the heat transfer between the structural material's surface and the surrounding gas (i.e. fire) and it is governed by Newton's Law of Cooling. The temperature difference causes heat exchange between fire (T_f) and structural material and heat flow per unit area q (W/m^2) is calculated with Equation 10. Here, h (W/m^{2}K) is the convective heat transfer coefficient and is generally taken as 25 W/m^{2}K for most of the fire exposed structural elements (Eurocode 3: Part 1-2, 2005).

$$q = h\,(T_f - T) \quad (10)$$

3.3. Radiation

Radiation is the heat transfer between fire (hot gas) and structural material or sometimes between two structural materials. The heat is transferred with electromagnetic waves (Buchanan, 1999:52). Radiation is the most important heat transfer process for fire engineering because at high temperatures, radiation dominates over other heat transfer modes. Heat flow via radiation is calculated with Equation 11, where the temperature is in Kelvin. Here, σ is 5.67x10^{-8} W/m^{2}K^4 (Stefan – Boltzmann constant) and ε is the resultant emissivity. Resultant emissivity is assumed as $\varepsilon = 0.7$ for steel and concrete materials ((Eurocode 3: Part 1-2, 2005, Eurocode 2: Part 1-2, 2004).

$$q = \varphi\,\varepsilon\,\sigma\,(T_f^4 - T^4) \quad (11)$$

3.4. Lumped Mass Method

Calculating the temperature distribution within the structural member is analytically cumbersome and numerically computer extensive. If only the average temperature of the structural member is sought, the calculation can be simplified using "Lumped Mass Method", where the structural member is seen as one single point which receives heat per unit time (Q) from fire from its fire exposed surface (A_m). Equation 12 shown the heat intake of the structural member per area and per unit time (Selamet, TBE: 51). The heat intake causes the structural member's temperature to increase according to Equation 13. Here, V is the volume of the structural section, A_m is the fire exposed surface and $\frac{A_m}{V}$ is called the section factor. The temperature increase ΔT is calculated at each time step Δt. Figure 6 illustrates this idealization. Lumped mass method is more suitable for steel and other highly conductive structural materials. For concrete material, the cross-sectional temperature distribution will vary significantly and therefore calculating an average temperature might not be sufficient.

$$\frac{Q}{A_m} = h\left(T_f - T\right) + \varepsilon\sigma(T_f^4 - T^4) \tag{12}$$

$$\Delta T = \frac{A_m}{V}\frac{1}{\rho\, c}\left[h\left(T_f - T\right) + \varepsilon\sigma(T_f^4 - T^4)\right]\Delta t \tag{13}$$

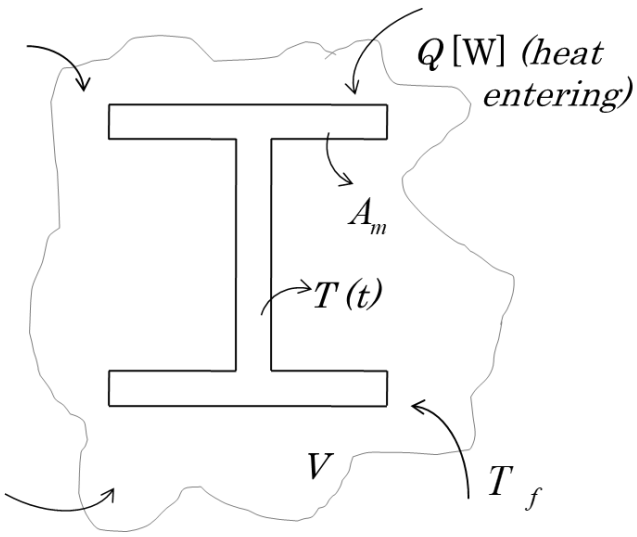


Figure 6: Illustration of lumped mass method used for a steel profile

4. FIRE RESISTANCE OF STRUCTURES

In fire engineering calculations, the first step is to design the fire scenario, then estimate the average temperature increase and the temperature distribution in the cross section of structural members and finally to calculate fire induced forces and moments created due to fire exposure of the structural system.

4.1. Thermal Strain

Thermal strain (ε_{th}) is the change in material length when the material is heated or cooled. It is called as free strain, because it does not create (mechanical) stress. Thermal strain depends on the thermal expansion coefficient α (1/°C) and average temperature increase (ΔT) as in Equation 14. α of steel and concrete are taken as 1.2×10^{-5} 1/°C and 1.0×10^{-5} 1/°C, respectively.

$$\varepsilon_{th} = \alpha \, \Delta T \tag{14}$$

4.2. Thermal Gradient

Temperature in a structural member's cross section is either uniformly distributed or non-uniformly distributed. Non-uniformly distributed temperature has a significant effect on the fire performance of a structural member. To account of such temperature distribution, thermal gradient concept $T_{,y}$ is used. A structural member can undergo an average temperature increase ΔT which causes elongation and thermal gradient $T_{,y}$ which creates bending deformation.

4.3. Structural Analysis of Restrained Members

Structural members in a structural system can be fully restrained, partially restrained or unrestrained in axial direction or in rotation at member ends. Depending on the degree of restraint boundary conditions, axial force and moment are induced in members during fire. Figure 7 illustrates a structural column member in a frame under both axial (k_{s1} and k_{s2}) and rotational (k_{r1} and k_{r2}) restraints at both ends.

4.3.1. Axial restraint

The thermally induced axial force P due to restraints on member ends is calculated as follows, where EA/L is the axial stiffness of the structural member:

$$P = \frac{AE\,\alpha\,\Delta T}{\left(1 + {}^{(EA/L)}\!/_{k_{s1}} + {}^{(EA/L)}\!/_{k_{s2}}\right)} \tag{15}$$

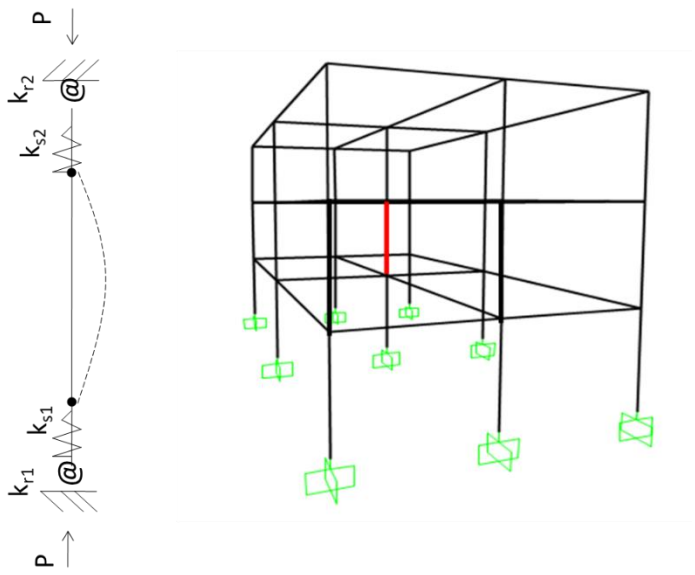


Figure 7: Partially Restrained Column Member (Red) in a Structural System of 3-Story and 2-Bay Frame (Selamet, CE549 Course Lecture Notes)

Simple capacity calculations can be performed to calculate the critical temperature (T_{cr}) of structural members under axial restraint. Critical temperature gives the failure temperature of the structural member. Members are categorized either slender or stocky and they are assumed to have elastic-perfectly plastic behavior. Slender members will fail from Euler-buckling while stocky members are expected to reach full yielding (σ_y) of the cross section. The critical temperature of slender and stocky members are calculated according to Equation 16 and Equation 17, respectively. Here, the members are assumed to remain straight. Here, k is the buckling coefficient, which depends on the rotational restraint boundary conditions. Figure 8 illustrates how T_{cr} depends on the slenderness ratio $\lambda = L/\sqrt{I/A}$ and degree of axial restraint k_s.

$$T_{cr} = \frac{\pi^2}{\alpha\,\lambda^2}\left(1 + \frac{E\,A/L}{k_s}\right) \tag{16}$$

$$T_{cr} = \frac{\sigma_y \left(1+\frac{E\,A/L}{k_S}\right)}{E\,\alpha} \tag{17}$$

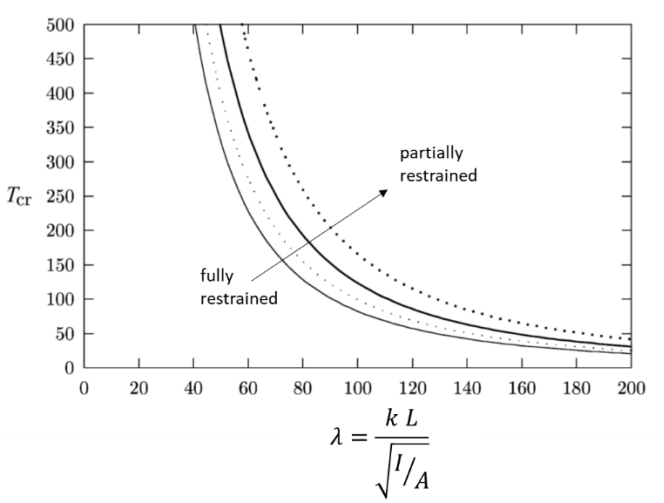


Figure 8: T_{cr} of slender cross sections with varying degree of axial restraint

4.3.2. Rotational restraint

Thermal gradient causes thermal curvature κ in the cross-sectional depth d due to thermal strain difference between the cold and hot region as shown in Equation 18. This difference over the cross section creates thermal bowing (bending) in the structural member. If the member is rotationally unrestrained (i.e. pinned), such bending does not create any bending moment, it only creates thermal (stress free) end rotation θ_T (Equation 19). For rotationally restrained members however, depending on the degree of restraints k_{r1} and k_{r2}, member end moments M_1 and M_2 along the structural member can be calculated using the beam-slope deflection method as in Equation 20, where the member end rotations θ_1 and θ_2 can be estimated with rather cumbersome Equation 21.

$$\kappa = \frac{\alpha T_{hot} - \alpha T_{cold}}{d} \tag{18}$$

$$\theta_T = \frac{L}{2}\,\alpha\,\frac{T_{hot}-T_{cold}}{d} \tag{19}$$

$$M_1 = 2\frac{EI}{L}(2\theta_1 - \theta_2) \qquad M_2 = 2\frac{EI}{L}(2\theta_2 - \theta_1) \tag{20}$$

$$\theta_1 = \frac{\theta_T\left(\frac{2EI/L}{k_{r1}}+1+\frac{4EI/L}{k_{r2}}\right)}{\left(1+\frac{4EI/L}{k_{r1}}\right)\left(1+\frac{4EI/L}{k_{r2}}\right)-\left(\frac{(2EI/L)^2}{k_{r1}\,k_{r2}}\right)} \qquad \theta_2 = \frac{\theta_T\left(\frac{2EI/L}{k_{r2}}+1+\frac{4EI/L}{k_{r1}}\right)}{\left(1+\frac{4EI/L}{k_{r1}}\right)\left(1+\frac{4EI/L}{k_{r2}}\right)-\left(\frac{(2EI/L)^2}{k_{r1}\,k_{r2}}\right)} \tag{21}$$

Bending capacity of structural members generally depends on the plastic moment resistance M_p about the plastic neutral axis PNA as shown in Equation 22. Since each layer in the cross section (see Figure 9) has a different temperature, the yield stress is reduced by k_y according to Eurocode 3: Part 1-2 (2005). Once, the moment capacity is estimated, the critical temperature of the member T_{cr} can be found.

$$M_p = \sigma_y \sum A_i \, y_{i,PNA} \, k_{y,i} \tag{22}$$

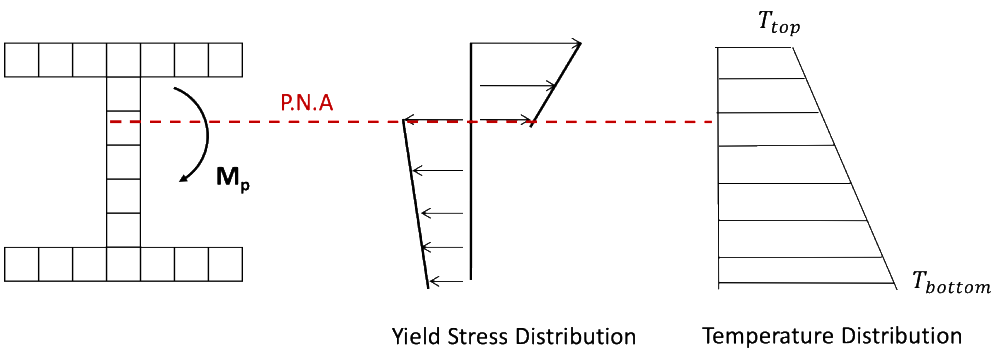


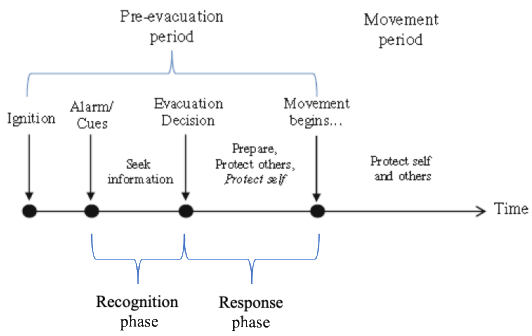
Figure 9: Illustration of the plastic moment resistance (M_p) calculation of an I-section where the section is heated from the bottom

4.4. Structural Analysis of the Entire Structure

Previous section estimated the axial force and moment demand on the heated structural member in a system with axial and rotational restraints. In order to estimate the effect of fire on the entire structure, it is necessary to solve simultaneous equations in matrix form (i.e. by using direct stiffness method or finite element method). For such analysis, simple hand calculations are not possible, hence commercial numerical software such as Abaqus and Ansys can be utilized. This procedure can involve material and geometric nonlinearity as well.

5. EGRESS

Safe egress is assumed to be achieved if RSET (i.e. time taken to reach safety) is sufficiently shorter than ASET, which defines the time when fire conditions within the building become untenable. Hydraulic model (SFPE)



$$\text{RSET} = t_d + t_n + t_{p-e} + t_e$$

where

t_d = Time from fire ignition to detection; that is, the detection phase

t_n = Time from detection to notification of occupants of a fire emergency; that is, the notification phase

t_{p-e} = Time from notification (or cue reception) until evacuation commences; that is, the pre-evacuation phase

t_e = Time from the start of purposive evacuation movement until safety is reached; that is, the evacuation phase

Figure 10: Egress time components

6. CONCLUSION

This paper gives a framework of a fire engineering design course which covers most of the fundamental theoretical knowledge for fire engineering principles such fire growth and heat transfer to structural fire design. Without having a good understanding of these concepts, fire engineering practice cannot improve in Turkey.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors of this paper acknowledge Bogazici University Scientific Research Project BAP-D: 17A04D4 which provided the funding for this study.

REFERENCES

BABRAUSKAS, V. and PEACOCK R. (1992). "Heat release rate: The single most important variable in fire hazard", Fire Safety Journal, 255-272.

BUCHANAN, A. H. (1999), Structural Design for Fire Safety, John Wiley & Sons Ltd, England.

EUROCODE 1 (2002), Basis of Design and Action for Structures: Part 1-2 Actions on Structures Exposed to Fire, Belgium.

EUROCODE 2 (2004), Design of Concrete Structures - Part 1-1 General Rules and Rules for Buildings, Belgium.

EUROCODE 3 (2005), Design of Steel Structures - Part 1-2 General Rules – Structural Fire Design, Belgium.

PEACOCK, R.D. (1993), Consolidated model of fire growth and smoke transport. NIST Technical Note 1299

SELAMET, S. (2012), Structural Fire Safety: Theory and Applications, CE549 Lecture Notes, Turkey.

SELAMET, S. (TBE), Yangın Mühendisliği Kitabı, TBE, Turkey.

HURLEY, M.J. (2016), SFPE handbook of fire protection engineering, Springer 5th Edition.

NANOSELÜLOZ BAZLI POLİESTER KOMPOZİTLERİN ÇEKME DAYANIMLARININ İNCELENMESİ

Assoc. Prof. Dr. Bayram POYRAZ
Düzce Üniversitesi

ÖZET: Son zamanlarda, biyopolimerler büyük ilgi görmektedir. En çok kullanılan biyopolimerlerden biri ise selülozdur. β-1,4 anhidro glukoz monomer birimlerinden oluşan selüloz, liflendirilmiş selüloz, krisal selüloz ve bakteriyel selüloz olmak üzere 3 türe ayrılır. Bu türler arasında yüksek en/boy oranı, esneklik kabiliyeti ve daha güçlü tutunma özelliklerinden dolayı liflendirilmiş selüloz (CNF) diğer selüloz türlerine göre daha fazla ilgi çekmiştir. Bu nedenle, 3 boyutlu yazıcılardan elektronik filmlere kadar pek çok yerde kullanılmaktadır. Kompozit endüstrisinde, termoset kompozit elde etmek için en çok kullanılan matris türü doymamış poliesterlerdir. Fakat, petrol kaynaklarından elde edilmesinden dolayı doymamış poliesterlerle ilgili çevresel kaygılar bulunmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, nanolifli selüloz (CNF)'un doğal kaynaklardan elde edilmesinin ardından, farklı oranlarda CNF içeren poliester kompozitler üretilmiştir. Bu amaçla doymamış poliester, CNF ile farklı oranlarda karıştırılarak elde edilmiştir. Sonrasında elde edilen kompozitlerin mekanik özellikler, Universal test cihazı ile incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: CNF, PE, Tensile Strength

Investigation of Tensile Strength of Nanocellulose Based Polyester Composites

ABSTRACT: Lately, biopolymers have been attracted much interest. One of the most used biopolymers is cellulose. Cellulose, consisting of B-1,4 anhydroglucose monomer units, is divided three main types which is fibrillated cellulose, crystalline cellulose, and bacterial cellulose. Of them, fibrillated cellulose having nano scale has attracted much interest as it exhibits a higher aspect ratio, more flexibility and stronger interfacial adhesion than other types. Thus, they have been used in many applications ranging from 3D bioprinting to electronic film. In the composite industry, most used matrix types are unsaturated poliesters (UPs) for obtaining thermosetting materials. However, there has been some environmental concern regarding UP composites due to the fact that obtaining from petroleum sources. In the study, CNF based polyester composites were fabricated, after followed production of CNF from national sources. For that purpose, ortho phtalic based unsaturated poliester resin were

mixed with CNF in different ratios (0.5%, 1% and 1.5%). Afterward, chemical, and mechanical properties were then investigated with FT-IR, and Universal Testing Machine.

It was determined that CNF has influenced tensile strength value in the composites. CNF based composites revealed a various of properties for use in the applications.

Keywords: CNF, PE, Tensile Strength

1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler, mekanik ve fiziksel açıdan kompakt özelliklere sahip olabilmesinden dolayı günümüzde elektronik devrelerden akıllı malzemelere, robotik endüstrisinden 3 boyutlu yazıcılara kadar pek çok yerde kullanılmaktadır. (Richard 2010: 1939; Rosendahl 2019: 32; Jayamol G, 2004:1471). Yaygın olarak kullanılan kompozit türlerinden biri de polimer matrisli kompozitlerdir. (Callister ve Rethwisch 2013:626).

Polimer matrisli kompozitlerin temel bileşeni reçinelerdir. En çok kullanılan reçinelerden biri, kolay işlenebilmeleri, yüksek yalıtkan özellik göstermeleri, hızlı çapraz bağ oluşturabilmeleri ve ekonomik olması nedeniyle ortoftalik bazlı doymamış poliesterlerdir (Deans ve Schiraldi 2014:2825). Bu temel bileşenler dahilinde, literatürde değişik amaçlar için farklı bileşimlere sahip birçok kompozit malzemenin üretildiği görülmektedir. Markovich çalışmasında, %1,5 oranında benzoil peroksit başlatıcısı kullanarak izoftalik bazlı UP (doymamış poliester) kompozitleri üretmişlerdir. (Marcovich 2009: 639). Üretilen kompozitin eğilme dayanımını 85,5 MPa, eğilme E-modülünü ise 3,7 GPa olarak belirlemişlerdir. Isa vd. UP reçinesinin %5,0'i oranında DOP (Dioktil fitalat) karıştırarak ürettikleri kompozitlerde, polimerleşmenin sağlanması için, %2 oranında başlatıcı (MEKP) ve %2 oranında kobalt oktoat ilave edilmiştir. (Isa 2013:217).

Kompozitin çekme dayanımını, 40 MPa, elastikiyet modülünü ise 2,4 GPa olarak bulmuşlardır. UP reçinelere takviye malzemelerin eklenmesi sonucunda da kompozit üretimleri gerçekleşmektedir.

Kompozit malzemelerde mekanik geliştirebilmek adına inorganik ve organik dolgu malzemeleride kullanılmaktadır. Bu malzeme türlerinin lifli türleri daha yaygın kullanılmaktadır. (Xanthos 2005:1).

Dolgunun tipine bağlı olarak kompozit malzemenin özellikleri değiştirilebilmektedir. Lifli dolgularla erime viskozitesi artış gösterirken, termal genişleme ve ka-

lıpta daralma özelliklerinde ise azalma görülebilmektedir. Fakat, bu inorganik polimerlerin çevre ile uyumlu olmadığı görülmüştür. Bu nedenle hem inorganik malzemeler hem de petrol bazlı malzemelerin kullanımında azalma görülmeye başlamıştır. Bu nedenle doğada çözünebilen biyopolimerler akademik araştırmalarda yoğun ilgi görmeye başlamıştır. En çok kullanılan biyopolimerlerden biride selülozdur. β 1-4 anhidro glukoz monomer birimlerinden oluşan selüloz, nano liflendirilmiş selüloz, nano krisal selüloz ve bakteriyel selüloz olmak üzere 3 türe ayrılır. Bu türler arasında yüksek en/boy oranı, esneklik kabiliyeti ve daha güçlü tutunma özelliklerinden dolayı liflendirilmiş selüloz diğer selüloz türlerine göre daha fazla ilgi çekmiştir. Bu nedenle çalışmada farklı oranlarda nano lifli selüloz içeren PE bazlı kompozitler üretilmiştir. Sonrasında üretilen kompozitlerin çekme dayanımları incelenmiştir.

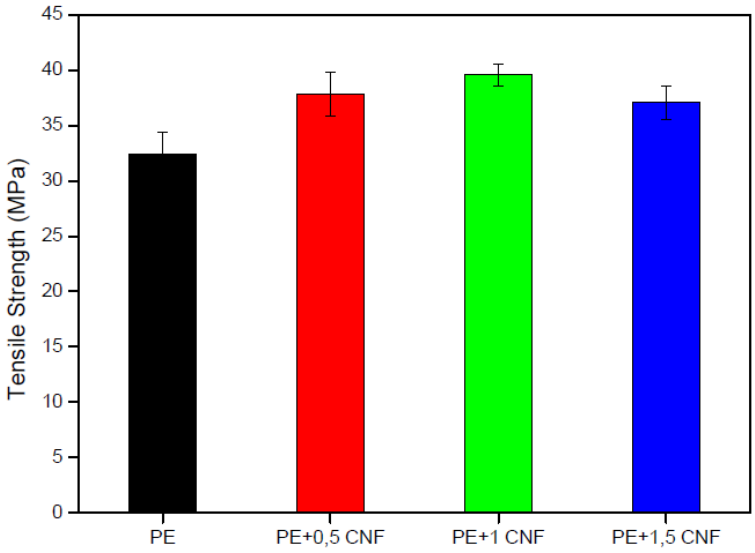
2. MATERYAL VE METOD

Doymamış poliester reçine türleri olarak ortoftalik (1,12 g/cm3 , %66 katı içeriği, Polipol 3562-SR), kullanılmıştır. Polimerleşme için gerekli başlatıcı olarak, metil etil keton peroksit (MEKP) (Akperox ER 59), katalizör olarak da kobalt oktaoat (Akkobalt RC88) kullanılmıştır. Çalışmada %1 oranında katalizör ve başlatıcı kullanılarak numuneler hazırlanmıştır.

Polimerleşme reaksiyonu, oda sıcaklığında ve üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada reçine, katalizör ve başlatıcı, ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda etkileştirilmiştir. Bu amaçla, ortoftalik reçineleri cam behere alınmış ve üzerine farklı oranlarda CNF ilave edilmiş ve 500 rpm'de 1 dk karıştırılmıştır. Elde edilen numuneler 25cm*45cm*4mm ebatlarında cam kalıplara döküm yapılmıştır. Reçine karışımları cam levhaya döküldükten sonra, ISO 291'e göre 20±2˚C'de 4 saat bekletilmiştir. Kalıptan çıkarılan levha şeklindeki numuneler yapılacak analizin ihtiyacına göre lazer kesim cihazıyla standartlara uygun boyutlarda kesilerek çekme dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla %0.5, 1 ve 1.5 oranlarında CNF içeren numuneler hazırlanmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Nanoselülozun, poliester kompozitlerin çekme dayanımlarını ne oranda etkilediğini incelemek amacıyla gerçekleştirilen çalışmadaki çekme deneyi sonuçlarını göstermek amacıyla selüloz içermeyen (PE) örnek ile birlikte, % 0.5 selüloz içeren PE+0.5CNF, %1 içeren PE+1CNF ve %1.5 içeren PE+1.5CNF örnekleri olmak üzere 4 numuneye ait olan çekme dayanımı sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1 . Nanoselüloz bazlı poliester kompozitlerin çekme dayanımı değerleri

Şekil 1 incelendiğinde, katkısız poliester kompozitin değeri 32,4 MPa iken, % 0.5 katkılı olan PE+0,5 CNF için bu değer %16,7 artış göstererek 37,82 MPa olmuştur. %1 oranında CNF ilaveli PE+1CNF kompozit için çekme dayanımı değeri %22 artış göstererek en yüksek değer olan 39,6 MPa olmuştur. PE+1,5CNF kompozitinde ise % 16,3 artış ile 37,7 MPa olmuştur.

Genel olarak değerler incelendiğinde CNF ilavesiyle çekme direncinin artış gözlendiği görülmüştür. Katkılama oranları incelendiğinde ise en yüksek artış % 1 ilavesinde görülürken, %0.5 ve %1.5 değerlerindeki artışlar genel anlamda birbirlerine yakın değerlerde olmuştur.

Çalışmada CNF'nin 3 boyutlu ağ yapısının kompozitteki mikro boşlukları kapattığı ve gerilim aktarımını sağlaması nedeniyle çekme dayanımları değerlerinde belirgin bir atışın gözlendiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

Callister W.D. and Rethwisch D.G., (2013) Materials Science and Engineering, Eight Edition, Çeviren: Kenan Genel, Nobel Yayınları, 626-667.

Deans T., Schiraldi D.A., (2014) Flammability of poliesters, Polymer, 55 (12), 2825-2830.

Isa M.T., Ahmed A.S., Aderemi B.O., Taib R.M., Mohammed-Dabo I.A. (2013) Effect of fiber type and combinations on the mechanical, physical and thermal stability properties of poliester hybrid composites. Composites Part B: Engineering, 52, 217-223.

Jayamol G, Sreekala MS, Sabu T. A., (2004) Review on interface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites. Polym Eng and Sci 41(9):1471-1485.

Marcovich N.E., Ostrovsky A.N., (2009) Aranguren M.I., Reboredo M.M. Resin–sisal and wood flour composites made from unsaturated poliester thermosets. Composite Interfaces, 16 (7-9), 639-657.

Richard D. (2010) Investigations on imperfection sensivitiy and deduction of improved knock-down factors for unstiffened CFRP cylindrical shells. Composite structure 92(8), 1939-1946.

Rosendahl P.L., Drass M., Felger J., Becker W., (2019) Equivalent strain failure criterion for multiaxially loaded incompressible hyperelastic elastomers, International Journal of Solids ans Structures 166, 32-46.

Xanthos M. Functional Fillers for Plastics, (2005) Part 1. Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA 10.1002/3527605096, 1-16.

Sİ BAZLI POLİMİTİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Assoc. Prof. Dr. Bayram POYRAZ
Düzce Üniversitesi

ÖZET: Polimitler yüksek mekanik ve termal özelliklerinden dolayı üstün özelliklere sahip olan polimerik malzemelerdir. Bu nedenle, film ve yalıtım malzemesi olarak pek çok endüstride y kullanılmaktadır. İnorganik dolgular ise pek çok uygulamada polimerlerin içine ilave edilmektedir. Bunlar arasında silikalar düşük maliyette üretime sahip oldukları için yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada polimidin kimyasal özellikleri üzerine, gözenekli silika etkisi araştırılmıştır. Bu nedenle farklı oranlarda Si içeren Pi-silika kompozitler in-situ yöntemiyle hazırlanmıştır. Ardından kimyasal özellikleri FTIR cihazıyla belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Pi-silika kompozitlerinde bazı kimyasal değişimler gözlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Pi, Si, FTIR

Investigation of Chemical Properties of Si Based Pi Composites

ABSTRACT: Polyimides are of great polymeric material because of the superior mechanical and thermal properties. Thus, they are used in various industries as film, adhesive and insulator material for high-performance applications. Inorganic fillers have been added into the polymers in many applications. Of these, silica particles have been extensively used since they offer cost-effective production. In the present study, the influence of mesoporous silica on the chemical properties of polyimide was investigated. For that reason, the produced Pi/mesoporous silica composites were prepared by in situ polymerization having different mesoporous silica content. Afterward, chemical characterization was determined with FTIR. It was seen that some shifts were observed in the Pi/silica composites. Si-based Pi revealed minor chemical alteration over the Pi.
Keywords: Pi, Si, FTIR

1. GİRİŞ

Dianhidritler ile diaminlerin reaksiyonundan sentezlenen poliimitler yüksek mekanik ve termal özelliklere sahip polimerik malzemelerdir. Bu özelliklerinden dolayı uzay, otomotiv ve elektronik endüstrisinin yüksek performans gerektiren uygulamalarında film ve yalıtım malzemesi olarak sıklıkla kullanılmaktadır. (Ghosh M ve Mittal K 1996:52; Bogert MT ve Renshaw RR, 1908:1135).

Kompozitlerin mevcut özelliklerin geliştirilmesi üzerine çalışmalar artarak devam etmektedir. Bu nedenle karbon siyahı, alumina, titanyum, silika ve lifler kullanılarak poliimit polimerlerin özellikleri geliştirilebilmektedir (Bae WJ, 2016:124; Wu J, 2005:73). Fakat bu inorganik dolgular arasında silikalar, daha düşük maliyete sahip olmalarından dolayı pek çok uygulamada kullanılmaktadır (Ma J, 2016:538).

Kalıba dayalı, kendinden yerleşen, eritme, sol-jel ve in-situ yöntemleri gibi farklı yöntemlerle inorganik-organik hibrit kompozitleri elde edilmektedir. Bu yöntemler arasında in-situ polimerizasyonu, uygulanabilirliğinin daha kolay olmasından dolayı diğer yöntemlerin önüne geçmiştir (Demir M, 2006: 763).

Fakat polimerler ile inorganik dolgu malzemelerinin farklı kimyasal özelliklere sahip olmasından dolayı, uyumsuzluk problemleri olabilmektedir (Tsai MH, 2011:5238). Bu problemlerin önüne geçmek için farklı fonksiyonel grupları bünyesinde bulundurabilmesinden dolayı organosilan bazlı kimyasal maddeler bağlayıcı olarak inorganik-organik hibrit kompozit üretiminde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada silika bazlı polimit, organosilan kulanılarak sentezlenmiş ve sonrasında kimyasal yapıları FTIR cihazı ile karakterize edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Modifiye Silika Üretimi

Çalışmada öncelikle silika hazırlanmıştır. Bu amaçla setrilamonyum bromür, 0.19 M NaOH içerisinde çözündürülmüştür. Sonrasında içerisine 0,01 mol, 4ml tetraetoksisilan ilave edilerek 1 saat oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Ardından polipropilen kaba aktarılarak 40°C de kurutulmak için etüvde bekletilmiştir. Sonrasında 0.6 g 3-glisidiloksi trimetoksisilan ilave edilerek 15 dk ultrasonik su banyosunda karıştırılarak silikanın modifikasyonu sağlanmıştır.

2.2. Pi-Si Polimerlerin Sentezi

Elde edilen modifiye silikadan 1 g alınarak, önce 4,4' oksidianilin ile sonrasında 20 ml N,N metilasetamid varlığında 5 dk ultrasonik banyoda karıştırılmıştır.

Ardından ise 8 g 3,3',4,4' oksidiftalik anhidrit eklenerek oda sıcaklığında 60 dk karıştırılmıştır. Son aşamada poliamik asit üretimi için 5 ml toluen, 5 ml trietilamin eklenmiş ve sonrasında 1 saat etkileştirilmiştir. Elde edilen ürün 1000 rpm de kristalleştirilerek, 70 µm boyutlara getirebilmek için agatta dövülmüş ve sonrasında 80 °C de 24 saat kurutulmuştur.

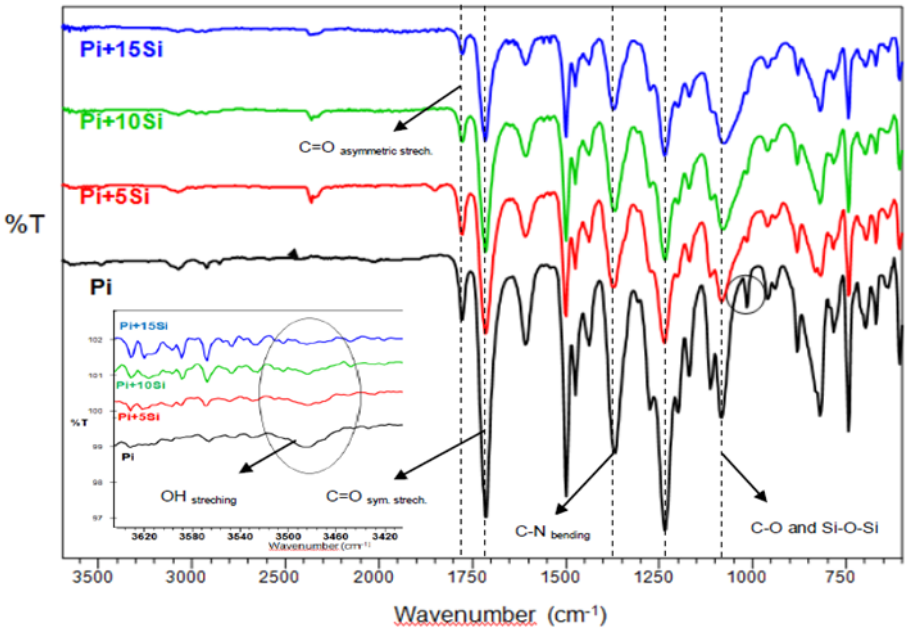
Elde edilen numuneler silika içermeyen Pi olarak silika içerenler ise Pi+5Si, Pi+10Si ve Pi+15Si olarak isimlendirilmiştir.

2.3. Karakterizasyon

Çalışmada üretilen Pi bazlı Silikaların kimyasal karakterizasyonunu gerçekleştirmek amacıyla Fourier Transform Infrared Spectrometre (FTIR) cihazı kullanılmıştır. Bu amaçla numuneler toz haline getirildikten sonra, analiz 4000-600 cm^{-1} aralığında 4cm^{-1} çözünürlüğünde 20 tarama ile gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Pi-Si inorganik hibrit kompozitlere (Pi, Pi+5Si, Pi+10Si ve Pi+15Si) ait FTIR spektrumları Şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Pi, Pi+5Si, Pi+10Si ve Pi+15Si numunelerinin spektrumları

Şekil 1 incelendiğinde, 3483 cm^{-1} de gözlenen C-OH gerilme titreşimlerinin silika ilavesiyle azaldığı gözlenmiştir. Bu durum silika yüzeyinde bulunan hidroksil gruplarının kendi aralarında yada diğer organosilan ile reaksiyona girdiğini göstermektedir. İmide ait olan C=O asimetrik ve simetrik gerilme titreşimi sırasıyla 1776 cm^{-1} ve 1714 cm^{-1} de görülmüştür. İlaveten silika ilavesiyle daha yüksek dalga sayısına kayan C-N eğilme titreşimi 1368 cm^{-1} and 735 cm^{-1} de görülmüştür.

Poliamik asite ait olan karbonil (amid I) grubuna ait titreşimler 1650 cm^{-1} de gözlenirken, amid II titreşimleri ise spektrumda 1540 cm^{-1} de gözlenmemiştir. Bu durum poliamik asitin polimide dönüştüğünü göstermektedir.

Genel olarak yoğun şekilde 1000 cm^{-1}-1200 cm^{-1} aralığında görülen Si-O-Si titreşimleri, o bölgedeki C-O-C asimetrik ve simetrik gerilme titreşimleri ile çakıştığından görülememiştir.

Sonuç olarak moleküler anlamda absorpsiyona bağlı titreşimler incelendiği, OH gerilmesinin, silika içeriğinin artmasıyla azaldığı, poliamik asitten amaçlanan poliimidin sentezlendiği, C=O ve C-N titreşimlerinde minimal kaymaların gözlendiği ve Si-O-Si titreşimlerinin C-O titreşimleri ile çakıştığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

Bae WJ, Kovalev MK, Kalinina F, Kim M, Cho C, *Polymer.* 2016, 105, 124-132.

Bogert MT, Renshaw RR, *J. Am. Chem. Soc.* 1908, 30, 1135-1142.

Demir M, Memesa M, Castignolles P, Wegner G, *Macromol. Rapid Commun.* 2006, 27, 763-770.

Ghosh M, Mittal K, Polyimides Fundamental and Applications, Marcel-Dekker, New York, 1996, Chapter 2.

Ma J, Qi X, Zhao Y, Dong SL, Zhang Q, Yang Y. *Mater. Des.* 2016, 108, 538-550.

Tsai MH, Huang YC, Tseng IH, Yu HP, Lin YK, Huang SL, *Thin Solid Films* 2011, 519, 5238-5242.

Wu J, Yang S, Gao S, Hu A, Liu J, Fan L, *Euro. Polym. J.* 2005, 41, 73–81.

ROBOTİK ÇOK KATLI OTOPARKLARDA KULLANILAN FARKLI SPRİNKLER YANGIN SÖNDÜRME SİSTEMLERİNİN SİMÜLASYON BAZLI KARŞILAŞTIRILMASI

Res. Assist. Burak AYVA
Işık Üniversitesi

ÖZET: Şehir merkezlerindeki nüfus yoğunluğunun giderek artmasına paralel olarak şehirlerdeki otopark ihtiyacı artmış ve hacim/otomobil oranını düşürebilmek amacıyla robotize çok katlı otoparklar kullanıma açılmıştır. Temelde bir asansör/raf tipi otomobil istifleme robotu olarak tanımlanabilecek bu sistemlerde otomobiller yatay ve dikey eksenlerde istiflenmekte ve otomobiller arası mesafe her iki eksende de 1 metreden az olabilmektedir. Bu durum herhangi bir otomobilde çıkabilecek bir yangının yandaki ve üstteki otomobillere sıçrama olasılığını arttırmakta ve yangın güvenliği bakımından yüksek risk barındırmaktadır. Bu simülasyon bazlı çalışmada, ülkemizdeki robotize çok katlı otopark sistemlerinde kullanılan sprinkler sistemlerinin yeterliliği ve gerekliliği farklı K faktörü ve aktivasyon sıcaklığına sahip sprinkler tipleri için karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Zamana bağlı yangın yükü, ülkemizdeki mevcut otomobil filosu göz önüne alınarak belirlenmiş olup sprinkler sistemlerinin davranışı Fire Dynamics Simulator (FDS) yazılımı üzerinde modellenmiştir. Simülasyon sonuçları incelendiğinde, sprinkler yangın söndürme sisteminin mutlaka kullanılması gerektiği, sprinkler performansının K faktörü ile doğru orantılı olduğu; aktivasyon sıcaklığı ile arasında belirli bir ilişkinin olmadığı ve yanmakta olan otomobilin ön ya da arka camlarından herhangi birinin sıcaklık nedeniyle kırılıp kırılmamasının yangının söndürülmesinde kilit rol oynayacağı ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Araç Yangını, Yangın Güvenliği, FDS, Robotik Otopark, Sprinkler

Simulation-Based Benchmarking of Fire Sprinkler Systems in Automated Multistorey Car Parking Systems

ABSTRACT: Overpopulation of the city centers has led to an increase in the demand for car parks. For this purpose, automated multi-storey car parks were implemented in order to reduce volume/parking lot ratio. Automated multi-storey car parks are stacking robots that stack the cars on horizontal and

vertical axis which can lower the space between the cars to less than 1 meters on both axes. This heightens the possibility of the fire spreading from a single car to the cars around or/and above it; hence, this situation possesses high risks in terms of fire safety. In our simulation-based study, we investigated the performance and necessity of the fire sprinkler systems used in automated multi-storey car parking systems in Turkey. Various types of fire sprinkler systems having different K-factors and activation temperatures were analyzed comparatively. Time-dependent fire load was determined considering the current passenger car fleet in Turkey. The performance of fire sprinkler systems was modelled using Fire Dynamics Simulator (FDS) software. As a result, the FDS simulations revealed that installation of fire sprinkler systems on automated multi-storey car parks is a necessity. Furthermore, the sprinkler performance is directly proportional to the K-factor, while being not proportional to the activation temperature. Finally, it was revealed that a key factor for fire extinguishing of a burning car is whether the front or rear window was broken due to high temperature.

Keywords: Car Fire, Fire Safety, FDS, Automated Carpark, Sprinkler

1. GİRİŞ

Kentlerdeki nüfus yoğunluğundaki hızlı artış, çarpık kentleşme ve otomobil sahipliği oranının giderek artması beraberinde ulaşım ve trafik problemlerini getirmiştir. Trafik yoğunluğunun yanısıra otopark ihtiyacının artması şehir merkezlerinde inovatif çözümlerin gelişmesini sağlamış ve robotik otoparklar geliştirilmiştir. Temelde bir lift-konveyör sistemi olan bu otopark sistemleri, araçları yan yana ve üst üste yerleştirilmiş slotlara konveyör ve asansör sistemi aracılığı ile yerleştiren makinelerdir. Klasik bir kapalı otoparkta, menevra ve iç ulaşım yolları nedeniyle plan alanı araç sayısı oranları 35 m2/otomobil seviyelerinde iken konveyör ve asansör sistemlerinden oluşan robotik otoparklarda bu oran 2'ye kadar düşebilmektedir.Şu ana kadar her ne kadar belediyeler tarafından prestij projesi olarak görülüp inşa ettirilse de, nufüs yoğunluğunun giderek artması ve gelecek nesillerin otomobil sahipliğinden daha çok şehir içi ulaşımda da "kullandığın kadar öde" modeli üzerinden araç kiralamaya yönelmesi bu tip kompakt robotize otopark yapılarına olan gereksinimi arttıracaktır.

Bu tip robotize otopark sistemlerinde taşıyıcı sistem olarak çelik malzeme kullanılmaktadır. Bunun temel nedeni, mühendislik bakımından çelik parça imalatında hassasiyetin daha yüksek olmasıdır ve bu tür otopark yapıları hassas mekanizmalar içermektedir. Ancak çelik malzeme kullanımı, çeliğin doğası gereği yangın sonucu meydana gelecek göçme riskini arttırmaktadır. Her ne kadar çelik yapı elemanları

için pek çok yangın yalıtım metodu bulunsa da içinde araç liftlerinin, konveyörlerin ve pek çok farklı mekanizmanın hareket halinde olduğu bir yapıda taşıyıcı sisteme yangın yalıtımı uygulamak tüm bu otopark makinesinin yeniden tasarlanmasını gerektirmektedir. Malesef şuan ülkemizde bulunan robotik otopark sistemleri tasarım aşamasındayken yangın riskleri göz önüne alınmamış, sonradan yangın risklerine karşı aktif yangın önleyici sistemler yerleştirilmiştir. Şuan için robotik otoparklarda yangın güvenliği amacıyla sprinkler sistemi kullnılmaktadır. Tipine göre değişmekle birlikte bir robotik otoparka 8 ile 650 otomobil park edilebilir. T.C. Balıkesir Belediyesi için inşa edilen robotik otopark 64, T.C. İzmir Adliyesi için tasarlanan robotik otopark ise 648 araç kapasitelidir. Bu kapasite değerleri tarafik mühendisliği bakımından incelendiğinde büyük bir avantaj; ancak yapısal yangın mühendisliği bakımından incelendiğinde muazzam bir risk anlamına gelmektedir. Özellikle birden çok aracın karıştığı otopark yangınlarında, yangın büyük çoğunlukla yandaki ya da ön ve ya arkadaki araçlara sıçrayarak gelişmektedir. Nadiren Liverpool Otopark Yangınında olduğu gibi yangının üst kattaki otomobillere sıçrağı görülmüştür (BAFSA, 2018:24). Ancak söz konusu lift-konveyör sistemli çok katlı otopark robotları olduğunda, roboy yapı içerisinde parklanmış bir aracın yanmaya başlaması sonucu yangın hem üst slottaki araçlara hem de yan slotlardaki araçlara kolayca sıçrayabilecektir. Klasik katlı otoparklardaki bir noktaya kadar yangın duvarı vazifesi gören betonarme kat döşemesinin robotik otoparklarda bulunmaması ve hatta araçların üzerinde bulundukları zemin görevi gören konveyör tablalarının çelikten imal edilmesi yangın sonucu meydana gelebilecek risklerin sayısını ve yıkıcılığını arttırmaktadır. Hem akademik hem de mühendislik bakımından yeni olan bu otopark konseptinin yangına karşı dirençliliği henüz yeteri kadar incelenmemiştir. Örnek vermek gerekirse BS 7346-7:2013 İngiliz standartında kapalı otoparklar için hesaplamalarda kullanılacak yangın yükleri belirlenmiş ancak çok katlı robotik otopark sistemleri için bir değer yerine performans bazlı analizlerin yapılması önerilmiştir (BS7346-2:2013,2013:12). Performans bazlı analizler ileri seviyede akademik ve mühendislik altyapısı gerektirmektedir. Bu çalışmada T.C. BALIKESİR BELEDİYESİ tarafından yaptırılan çok katlı robotik otoparkın tasarımı temel alınarak, her otomobil başına 2 adet sprinkler sisteminin yeterliliği ve sprinklerlerin aktivasyon sıcaklıkları ile K faktörlerinin yangının kontrol altına alınmasındaki etkisi karşılaştırılmalı olarak sayısal yöntemlerle incelenmiştir.

2. OTOMATİK ÇOK KATLI OTOPARKIN TANITILMASI

Bu çalışmada T.C. BALIKESİR BELEDİYESİ için inşa edilen çok katlı robotik otoparkın mimari ölçüleri temel alınmıştır. Bu yapı çelik taşıyıcı sistem üzerinde çalışan 4 araç asansörü ve asansör başına 8 sağda ve 8 solda olmak üzere toplamda

64 otomobil park slotundan oluşmaktadır. Araç asansörü, yapının giriş katından otomobili alır, park yapılacak kata otomobili çıkartır ve üzerindeki konveyör sistem aracılığı ile otomobili park slotuna yerleştirir. Araç teslimi yapılacağı zaman da bu sürecin tersi uygulanır. Şekil 1'de Balıkesir'de hizmet etmekte olan robotik çok katlı otopark verilmiştir. Robot yapı yaklaşık 20 m yüksekliğinde olup, yaklaşık 200 m2 taban alanına sahiptir. Sistemin park edilebilirlik performansı 3.125 m2/araç civarındadır. Bu değer içinde ulaşım yolları buluna klasik çok katlı otoparklarda 30 m2/araç civarına kadar çıkabilmektedir.

Şekil 1: Çok katlı otopark robotu (T.C. BALIKESİR BELEDİYESİ)
(SANPARK, 2016)

T.C. BALIKESİR BELEDİYESİ'ne ait olan robotik çok katlı otoparkı lift ve konveyör sistemleri 3 fazlı 380 V elektrik ile beslenen elektrik motorlarından güç almaktadır. Güvenlik amacıyla park slotlarında ve lift sisteminde selonoid kilitler bulunmakta ve yangın güvenliğine yönelik her aracın ön üst ve arka üstüne denk gelecek şekilde araç başı ikişer adet sprinkler bulunmaktadır. Ayrıca bu türden otoparklar, tasarımlarıı gereği yatayda ve dikeyde ölçeklendirebilirler. Tablo 1'de 100 araç kapasiteli bir varyasyon için teknik özet bilgiler verilmiştir.

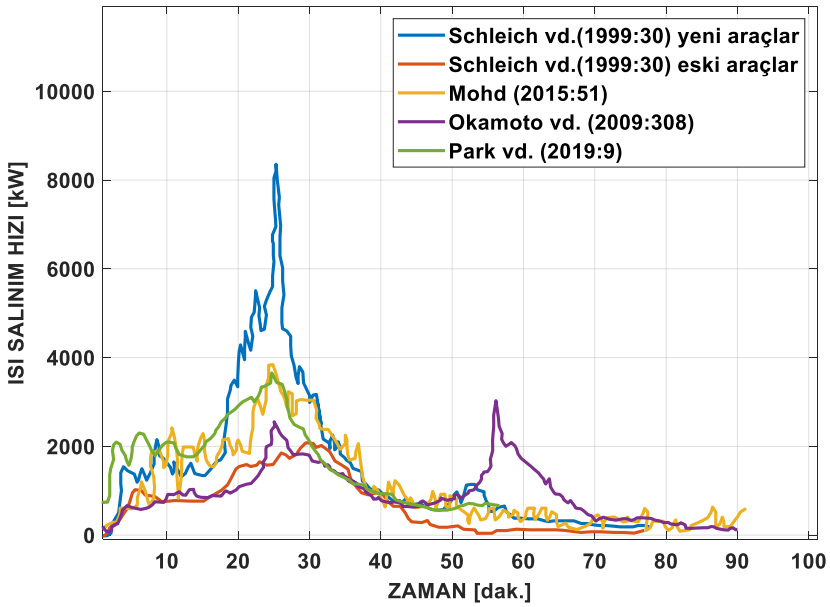
Tablo 1: T.C. BALIKESİR BELEDİYESİ robotik çok katlı otoparkı teknik özet bilgileri (SANPARK,2019)

Araç Kapasitesi/ Kaldırma Kapasitesi	100 Adet	3000 kg
Maks. Binek Araç Boyutu	600x230x175 cm	
Maks. SUV Araç Boyutu	600x230x215 cm	
Yatay Hareket	**Motor**	**Hız**
	3 kW	25 m/dk
Dikey Hareket	**Motor**	**Hız**
	20-30 kW	50-100 m/dk
Elektrik Beslemesi	3 Fazlı 380 V – 50 Hz	

KW, kilowatt; Hz, hertz; V, volt; dk, dakika; m, metre; cm, santimetre; kg, kilogram;

3. YANGIN GELİŞİM EĞRİSİNİN BELİRLENMESİ

Bir yapıda yangın sonucu meydana gelecek risklerin belirlenmesindeki ilk adım ortaya çıkacak yangın yükünün belirlenmesidir. Yanma olayı yanıcı bir maddenin belirli bir enerji eşik değeri üzerine çıkması sonrası içinde bulunduğu hacimdeki oksijen ile reaksiyona girerek ısı açığa çıkarması ve sonucunda yanıcı madde ve oksijenden farklı katı, sıvı ve gaz fazındaki maddelerin oluşmasıdır. Yanma esnasında meydana gelen ısı salınım hızı ile yangın gelişim eğrisi modellenebilir.Isı salınım hızının bulunmasındaki en tutarlı yöntem yangın deneyleri yapmaktır. Literatür incelendiğinde son otuz yılda çok sayıda otomobil yangın testi yapıldığı ve elde edilen ısı salınım hızlarının araç tipine ve tasarımına göre değişiklikler gösterdiği anlaşılmaktadır. Şekil 2'de farklı kaynaklardan alınan otomobil yangın gelişim eğrileri bir arada gösterilmiştir. Bir otomobil yangını 90 dakika kadar sürmekte, yangın gücü 8-9 MW seviyelerine kadar çıkabilmektedir. Şekil 2'deki yangın gelişim eğrileri tek bir araç için olup, birden fazla aracın karıştığı yangınlarda ortaya çıkan yangın gelişim eğrileri yanan her aracın yangın gelişim eğrilerinin yanmaya başlama anlarına göre birbirlerine lineer eklenmesi ile tespit edilebilmektedir.

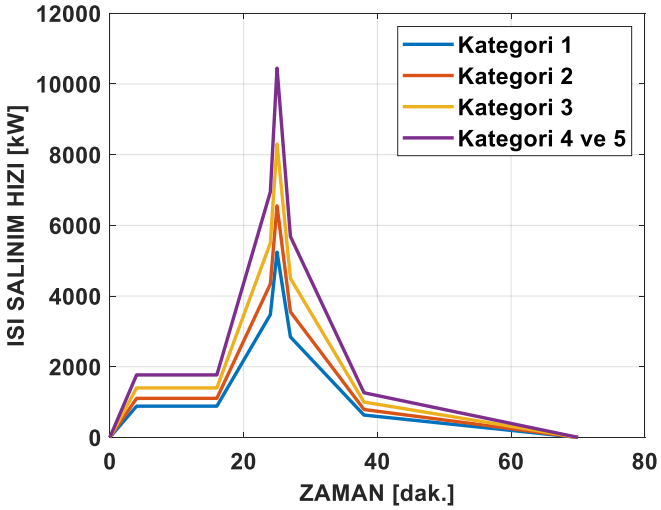


Şekil 2. Çeşitli otomobil yangın testlerinden elde edilen yangın gelişim eğrileri

Otomobiller yanma sonucunda ortaya çıkarakları toplam enerji miktarlarına göre kategorilere ayrılmaktadır. Tablo 2'de Fettah (2016:26) ve Mohd (2015:23) un otomobil yangınları üzerine yaptıkları çalışmalar özetlenmiştir. Otomobiller yanma enerjisi kapasitelerine göre 5 kategoriye ayrılmakta ve bu kategoriler otomobil segmentleri ile paralellik göstermektedir. Otomobilin fiziksel büyüklükleri arttıkça genel olarak yanmaları sonucu ortaya çıkaracakları toplam enerji ve en yüksek yanma gücü seviyesi artmaktadır. Bu 5 farklı kategori için önerilen yangın gelişim eğrileri Şekil 3'te verilmiştir.

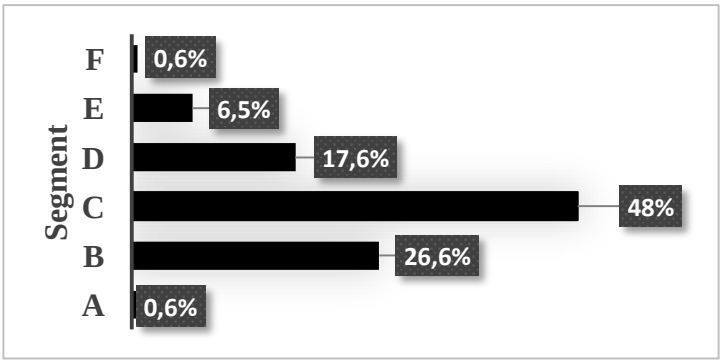
Tablo 2. 1995-2000 Yılları Arasında Üretilen Bazı Modellerin Kalorik Potansiyel Bakımından Sınıflandırılması (Mohd, 2015:23) (Fettah, 2016:26:)

Üretici	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Kategori 4	Kategori 5
Fiat	Punto	Bravo	Tempra	Croma	Ulysse
Renault	Clio	Megane	Laguna	Safrane	Espace
Wolkswagen	Polo	Golf	Passat	Phaeton	Sharan
Ford	Fiesta	Escort	Mondeo	Scorpio	Galaxy
Opel	Corsa	Astra	Vectra	Omega	Frontera
Citroen	Saxo	ZX	Xantia	XM	Evasion
Peugeot	106	306	406	605	806
Toplam Enerji Kapasitesi [MJ]	6000	7500	9500	12000	12000
En Yüksek Isı Salınım Hızı [kW]	5242	6553	8300	10448	10448
Toplam Kütle [kg]	850	1000	1250	1400	1400
Yangın Sonrası Kütle Kaybı [kg]	200	250	320	400	400



Şekil 3. Kalorik potansiyel bakımından farklı kategoriler için yangın gelişim eğrileri (Fettah vd., 2016:27)

Balıkesir'deki robotik katlı otoparkta çıkabilecek bir araç yangınının yangın gelişim eğrisinin saptanması için ilk önce nasıl bir otomobilin yanacağı incelenmelidir. Bu nedenle Türkiye'deki ikinci el araç piyasasının segmentlere göre dağılımı irdelenmiştir. 2019 yılı için Türkiye ikinci el araç piyasasının otomobil segmentlerine göre dağılımı Şekil 4'te verilmiştir. Türkiye'deki otomobillerin büyük çoğunluğunun C segment olduğu, bunu sırasıyla B ve D segmentlerin takip ettiği görülmüştür (ODD,2019).



Şekil 4. Mevcut Türkiye İkinci El Araç Piyasasının Araç Segmentlerine Göre Dağılımı (ODD,2019)

Şekil 3'teki dağılım bir aracın yanma ihtimalinin aracın segmentinden bağımsız olduğu varsayımı ile incelendiğinde, bir çok katlı robotik otoparkta meydana gelebilecek en kötü yangının D ya da E segment bir otomobilin yanması sonucu oluşacağı anlamı çıkmaktadır. F segment araçlar yok denecek kadar az olmakla birlikte; E ve D segment kıyaslandığında D segment bir aracın yanma ihtimali daha yüksek olacaktır. Mohd (2015:54) kapalı otoparklardaki otomobil yangınlarını otomobil segmentlerine göre incelemiş ve D segment araçlar için Tablo 3'te yer alan bilgileri yayınlamıştır. Tablo 3'teki bilgiler incelendiğinde, D segment otomobil yangınlarının Tablo 2'de verilen Kategori 3 araç yangınlarına daha çok benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu mantık akışı sonucunda yangın gelişim eğrisi olarak Kategori 3 araç yangını belirlenmiştir.

Tablo 3. D Segment Otomobillerin Yangın Testi Sonuçları(Mohd, 2015:54)

Deney No	En Yüksek Isı Salınım Hızı [kW]	Toplam Enerji Kapasitesi [MJ]	Yangın Sonrası Toplam Kütle Kaybı [kg]	Araç Kütlesi [kg]	Yangın Başlangıç Noktası
1	4073	6144	192	1380	Sürücü koltuğu
2	8283	7000	255	1382	Şanzuman Çevresi
3	9854	6806	262	1454	Şanzuman Çevresi
4	3650	5960	186	1470	Sürücü Koltuğu

4. FIRE DYNAMICS SIMULATOR (FDS) PROGRAMI VE MATEMATİKSEL MODELLERİ

Bu çalışmada yangın ve sprinkler davranışının simüle edilmesi amacıyla FDS (Fire Dynamics Simulator) yazılımı PyroSim 2019 arayüz programı ile birlikte kullanılmıştır. FDS, komut satırları aracılığıyla programlanan ve yangın simülasyonları için özel olarak geliştirilmiş bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımıdır. PyroSim ise FDS'in kullanımını kolaylaştıran bir arayüz programıdır. Literatür incelendiğinde FDS sonuçları ile tam ölçekli yangın deneyleri birbirlerine çok yakın değerler vermektedir (Qin vd., 2006:1208, Halada vd., 2012:215). FDS farklı zaman adımları için çözüm ağındaki her hücrenin sıcaklık, basınç, özkütle, gaz hızı, kimyasal kompozisyonu, reaksiyon hızları ve yüzeylerdeki ısı transferlerini çözmektedir

(McGrattan, 2013b:3). Güncel olarak 6. nesli kullanılan FDS yazılımı temel olarak, süreklilik denklemini, momentum denklemini, enerji denklemini, kimyasal kompozisyon denklemini ve eşdeğer basınç denklemini çözüm ağındaki her bir hücre için her zaman adımında çözer. Bu denklemler sırasıyla Denklem 1'den 5'e kadar verilmiştir (McGrattan, 2013a:8-49):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho u = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial (\rho u)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u^2) + \nabla p = \rho g + \nabla \cdot \tau \tag{2}$$

$$\frac{\partial (\rho h)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u h) = \frac{\partial (p_o)}{\partial t} + \nabla \cdot (k \nabla T) + \dot{q}''' \tag{3}$$

$$\frac{\partial (\rho Y_i)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u Y_i) = \nabla \cdot (\rho D_i \nabla Y_i) + \dot{m}_\iota''' \tag{4}$$

$$p_o(t) = \rho T R \sum_i^N \frac{Y_i}{M_i} \tag{5}$$

Denklemlem 1'den 5'e kadar, ρ gazın özkütlesini, p basıncını, τ viskoz gerilimi, h entalpiyi, T gazın sıcaklığını, k ısı iletim katsayısını, u gazın hızını, g yer çekimi ivmesini, t zamanı, R ideal gaz sabitini, D difüzyon katsayısını, M moleküler ağırlığı, $\dot{m}_\iota'''$ birim hacimdeki kütle değişimi ve $\dot{q}'''$ birim hacimdeki yanma gücünü ifade eder. FDS, denklem 2'den de anlaşılacağı gibi MACH sayısının küçük olduğu akışlarda tutarlı sonuçlar vermektedir. Bu denklerim çözümünde zamana göre akış parametreleri açık çözümlü ikinci dereceden Runge-Kutta yöntemiyle güncellenmektedir (McGrattan, 2013a:141). Bu çalışmada türbülans, Smagorinsky modeli kullanılarak LES (large Eddy Simulation) yöntemi ile çözülmüştür. Zaman adımı seçiminde, kullanılan çözüm ağımdaki hücreler 5 mm'den büyük olduğu için sadece Courant-Friedrichs-Lewy (CFL) koşuluna uyulmuştur (McGrattan, 2013a:43).

FDS yangın modellemesinde karışım kontrollü yanma modelini kullanmaktadır. Yakıt ve oksijen arasındaki stokiyometrik yanma rekasiyonu Denklem 6'da verilmiştir:

$$\gamma_Y [Yakıt] + \gamma_{O_2} O_2 \rightarrow \sum_i \gamma_{p,i} [Yanma\ Ürünü]_i \tag{6}$$

Denklem 6'daki γ terimi mol sayılarını ifade etmektedir. FDS, denklem 6'yı temel alarak çözüm ağındaki yanmanın gerçekleştiği hücrelerin içerdiği oksijen oranlarına göre yanma reaksiyonu hızını belirler. Ekzotermik yanma reaksiyonları sırasında açığa çıkan ısıl güç $\dot{q}$ [kW] ise oksijen miktarındaki azalma hızı $\dot{m}_{O_2}$ [kg/s] ve birim kütle oksijenin tüketimi ile açığa çıkan enerji miktarının ΔH_{O_2} [Kj/kg] çarpımı ile Denklem 7'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\dot{q} = \Delta H_{O_2} \dot{m}_{O_2} \quad (7)$$

FDS aynı zamanda sulu yangın söndürme sistemlerini de modelleyebilmektedir. Sprinkler aracılığı ile yanmakta olan hacme ulaşan su damlacıkları sıvıdan gaz faza geçerken endotermik faz değişimi esnasında çevreden ısı çekerler. Bu ısı transferi sürecini, FDS çözüm ağındaki hücrelerin birim yüzeyleri üzerinden Denklem 8'i kullarak hesaplar(McGrattan, 2013b:223).

$$\dot{q}''(t) = \dot{q}_o''(t)\, e^{\int k(t)dt} \quad (8)$$

Bu denklemde, $\dot{q}''$ birim yüzey alanındaki ısıl gücü [kW/m2], $\dot{q}_o''$ suyun çözüm ağındaki hücreye girdiği andaki birim yüzey alana düşen ısıl gücü [kW/m2], k ise birim yüzeye düşen su kütlesinin birim yüzey alandaki yangın gücünün azaltmasını ifade eden terimdir. k değeri [1/s] denklem 9'daki gibi hesaplanır.

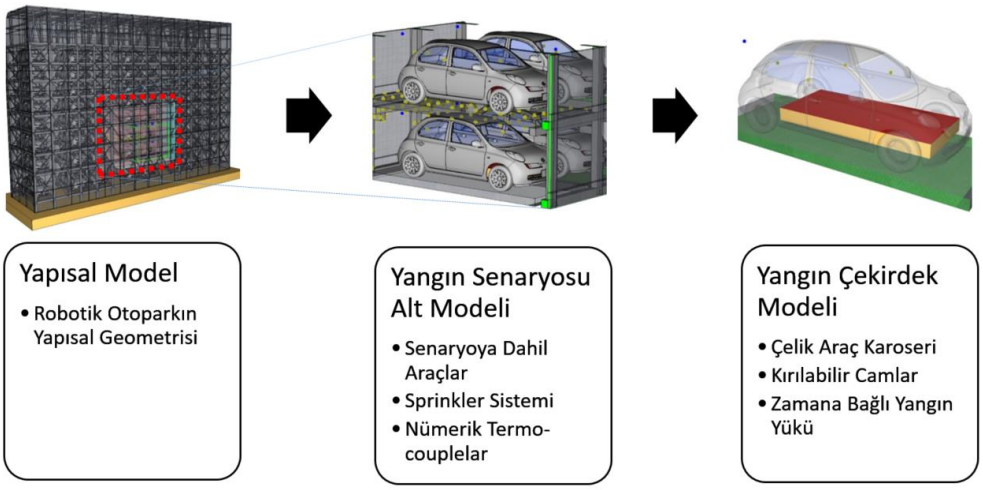
$$k(t) = a m_W'' \quad (9)$$

Denklem 9'daki a değeri [m2/kg-s] deneysel yollarla bulunur, m_W'' değeri ise birim yüzeye düşen su kütlesini [kg/m2] ifade etmektedir. Yanma özelliğine sahip malzemelerin yüzey morfolojileri ve yanma esnasında yüzey morfolojilerindeki değişim malzemeden malzemeye değişiklik göstereceği gibi suyun yangın söndürme performansı yangın sürecinin gerçekleştiği hacme ulaşan su damlacıklarının çap ve dağılımlarına göre de değişiklik gösterecektir.

5.ROBOTİK OTOPARKTA YANGIN SENARYOSU VE FDS MODELİ

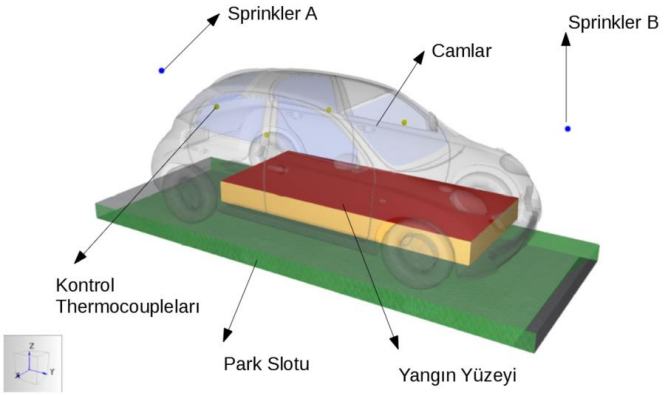
Bu çalışmada ortam sıcaklığı 30 °C, sınır şartları olarak açık atmosfer değerleri kabul edilmiştir. Katı cisim yüzeylerinde iletimle ısı transferi ve bu yüzeyler arası radyatif ısı transferleri de hesaba katılmıştır. Çözüm ağındaki hücrelerin büyüklükleri FDS Validation Guide (McGrattan, 2013c:102)' daki önergelere uygun olarak her yönde eşit ve 20 cm olarak belirlenmiş olup yapılan simülasyonlarda sayısal kararsızlık gözlemlenmemiştir. Bilgisayarda simülasyon süresini azaltmak amacıyla robotik otopark yapısının tamamı çözüm ağına dahil edilmeyip, nispeten küçük bir hacmi açık atmosfer sınır koşulları ile çözüm ağına dahil edilmiştir. Gerçekte modellenen hacmin sınır koşulları açık atmosfer sınır koşulları değildir. Ancak sınır koşullarda açık atmosfer tanımlaması yapılarak yangının boğulması önlenmiş ve kısım

3'te belirlenen yangın gelişim eğrisindeki enerjinin sisteme eksiksiz verilmesi sağlanmıştır. FDS, denklem 7'de verildiği gibi açığa çıkan enerjiyi oksijen tüketimi üzerinden hesaplamakta ve yangın gelişim eğrisinin gerektirdiği oksijen miktarını yangın yüzeyi çevresinde bulamaz ise mevcut oksijen miktarı kadar bir ısıl güç hesaplamaktadır. Bu çalışmadaki FDS yangın modeli Şekil 4'te gösterildiği gibi 3 katmandan oluşmaktadır. Birinci katman robotik otopark yapısının bütünüyle modellendiği "yapısal model"; ikinci katman çözüm ağının içinde yer alan yan yana 2 ve üst üste 2 adet olmak üzere toplam 4 otomobilin park slotları üzerinde yer aldığı "yangın senaryosu alt modeli" ve son olarak sprinklerlerin, yangın yükünün, otomobil çelik karoserinin ve kırılabilir camların tanımlandığı "yangın kaynak modeli"dir.

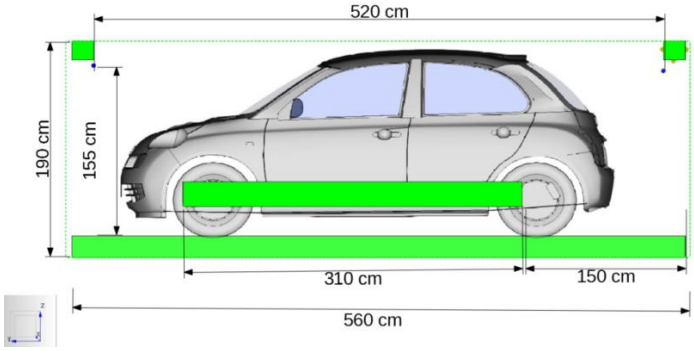


Şekil 5. Kurulan yangın model ve alt modelleri

Yangın kaynak modeli aracılığıyla, bu çalışmaya konu olan sprinkler performansı ölçülecektir. Şekil 5'te görüldüğü üzere sprinklerler otomobilin ön ve arka tarafında yer almaktadır. Yangın yüzeyi otomobil karoserinin içerisine tanımlanmış olup, otomobil gövdesi 1 mm kalınlığında çelik ve cam alanlar 3 mm kalınlığında standart cam olarak tanımlanmıştır. Weisenpacher vd. (2016:310) 'nin yaptığı otomobil yangını çalışmalarında camların 520 °C sıcaklığa ulaştığında kırıldığı gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, yangın kaynak modelindeki araç camları FDS modelinde 520 °C sıcaklığa ulaşıldığında kırılacak şekilde programlanmıştır. Her cam parçası için sıcaklığı ölçen bir kontrol thermocouplei tanımlanmış olup Şekil 5'te de gösterilmiştir. Modelin boykesit ölçüleri Şekil 6'da gösterilmiştir.

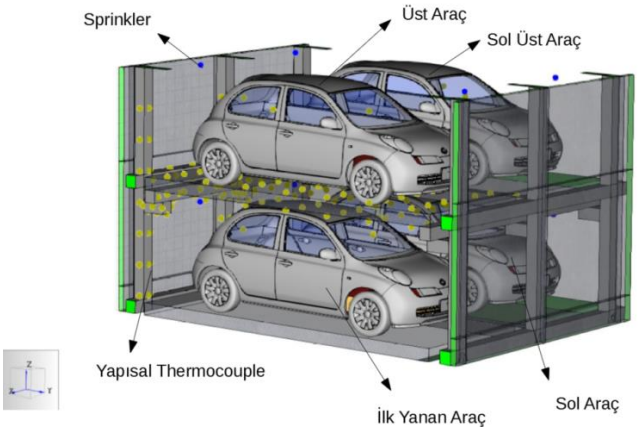


Şekil 6. Yangın kaynak modeli



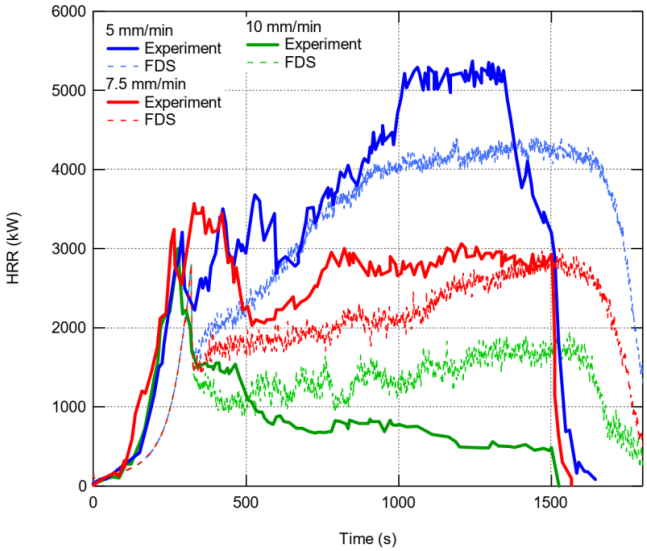
Şekil 7. Yangın kaynak modeli uzunluk ölçüleri

Yangın kaynak modeli üzerinde tanımlanan kırılabilir camlar aynı zamanda yangın senaryosı alt modelinde bir araçta çıkan yangının yandaki ya da üstteki araçlara yayılmasını da modellerken kullanılmıştır. Temel senaryoda, eğer otomobilin dışındaki bir yangın otomobilin camının kırılmasını sağlar ise ve Şekil 5'te gösterilen yangın yüzeyi 375 °C değere ulaşır ise otomobil yanmaya başlayacaktır. 375 °C sıcaklık değeri sıradan bir otomobilin içinde bulunan koltuk, direksiyon simidi gibi yanıcı polimer malzemelerin yaklaşık tutuşma sıcaklığıdır (Tewarson, 2000:997). Bu yangın yayılma senaryosu gereği Şekil 7'de gösterilen "ilk yanan araç"ta çıkan bir kategori 3 yangının farklı aktivasyon sıcaklıklarına ve K faktörerine sahip sprinkler sistemleri tarafından kontrol altına alınıp alınamadığı ve yandaki ve üstteki araçlara yayılıp yayılmadığı incelenmiştir.



Şekil 8. Yangın senaryosu alt modeli

Denklem 8'deki zamana bağlı k(t) değerinin bulunması ancak yangın deneyleri ile mümkün olmaktadır. Ancak gerçek ölçülerde yapılan bir robotik otopark içinde otomobil yangını deneyinin çok yüksek maliyetli olacaktır. Bununla birlikte amaç farklı sprinklerlerin performanslarının birbirleri ile kıyaslanması olduğu için olabildiğince küçük bir k(t) değeri teorik olarak kıyaslama sürecinin sabit değişkeni olarak değerlendirilecek hem de sprinkler sistemin yangını kontrol altına alma olasılığını düşürerek bir anlamda güvenlik katsayısı olarak davranacaktır. Sikanen vd. (2012:118) tarafından ahşap palet yangınlarının su spreyleri ile söndürülmesi üzerine yapılan çalışmada k=0.4 değeri ile elde edilen simülasyon sonuçlarının deney sonuçları ile benzerlik gösterdiği, ancak spreylerdeki su debilerine göre de simülasyon ve deney sonuçların benzerliklerinin değiştiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada k=0.4 değeri ile FDS tarafından hesaplanan yangın gelişim eğrileri ile deneysel sonuçlar Şekil 9'da verilmiştir. Yine aynı çalışmada k değerinin 0.4'ten yüksek olması FDS'te hesaplanan yangın gelişim eğrilerinin gerçekten çok düşük çıkmasına, küçük olması da çok yüksek çıkmasına neden olmaktadır (Sikanen vd. 2012:115). Bu durum göz önüne alındığında ve maliyet nedeniyle T.C. BALIKESİR BELEDİYESİ'nin işletmekte olduğu robotik otoparkın gerçek boyutlu bir yangın testinin yapılamayacağı gerçeği, bu çalışmada elde edilen sonuçların güvenli tarafta kalması için düşük bir k değerinin seçilmesini zorunlu kılmaktadır. FDS yazılımı giriş parametresi olarak denklem 9'daki a sabitini kullanmaktadır. Bu çalışmada yapılan yangın simülasyonlarında a sabiti 0.01 [m2/kg-s] olarak kabul edilmiştir.



Şekil 9. k=0.4 yangın gelişim eğrisi azaltma katsayısının deney sonuçları ile kıyaslanması (Sikanen vd., 2012:118)

6.ÖNERİLEN SPRINKLER PERFORMANS MODELİ

Sprinklerler çalışma basıncı [bar], K faktörü [L/min-$\sqrt{Atm}$] ve aktivasyon sıcaklığı [°C] ile tanımlanabilirler. Bu çalışmada K faktörü olarak 80, 115, 160, 200 ve 240 değerleri; aktivasyon sıcaklığı olarak 57, 68, 79, ve 141 değerleri için 25 farklı simülasyon yapılmıştır. Çalışma basıncı olarak 1 bar değeri seçilmiştir. Ayrıca otomobillerin ön ve arka camlarının kırılmaması durumu 141 °C sabit aktivasyon sıcaklığı için tüm K faktörleri ile test edilmiştir. Toplamda yapılan 30 adet simülasyonun her birinden elde edilen sonuçlar ile önerilen Sprinkler Peformans Değeri (SPD) Denklem 10'a göre ayrı ayrı hesaplanmış, bulunan sonuçlar 0 ile 10 arasında ağırlıklandırılarak bir puanlama sistemi geliştirilmiştir.

$$SPD = \frac{1}{t_{dg} t_{sön}} \qquad (10)$$

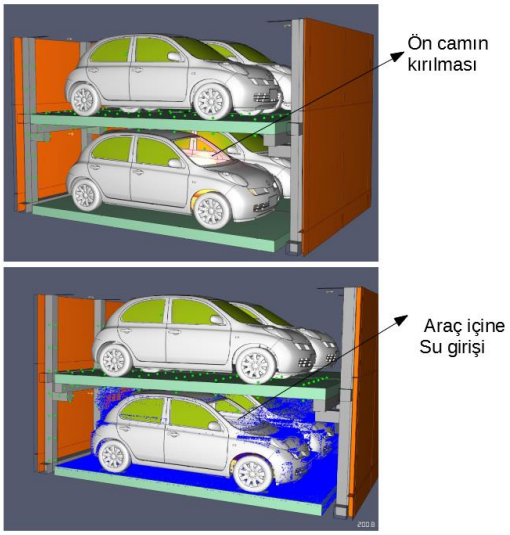
Burada tdg simülasyon esnasında ilk sprinklerin devreye girdiği saniye cinsinden zamanı, tsön yangın sönme evresine girdiğinde ortaya çıkan toplam ısıl gücün 10 kW'ın altına düştüğü ilk saniyeyi belirtmektedir. Tablo 4'te göreceli ağırlıklandırmalı sprinkler performans değerleri iki farklı örnek sprinkler sistem için hesaplanmıştır. Tdg ve tsön değerleri bilinen 2 sprinkler sistemi için denklem 10'da verilen SPD değerleri hesaplanmış, ardından bu değerler 0 ile 10 arasında ağırlıklandırılarak SPD0-10 değerleri hesaplanmıştır. Önerilen yönteme göre en başarılı sprinkler sistemi 10 puan alırken; diğer sprinkler yaklaşık yarısı kadar almıştır.

Tablo 4. Ağırlıklandırılmış Sprinkler Performans Değerleri Örnek Hesap Tablosu

	t_{dg}	$t_{sön}$	SPD	$SPD_{0\text{-}10}$
Sprinkler 1	80	370	3.38x10-5	10
Sprinkler 2	180	330	1.68x10-5	4.97

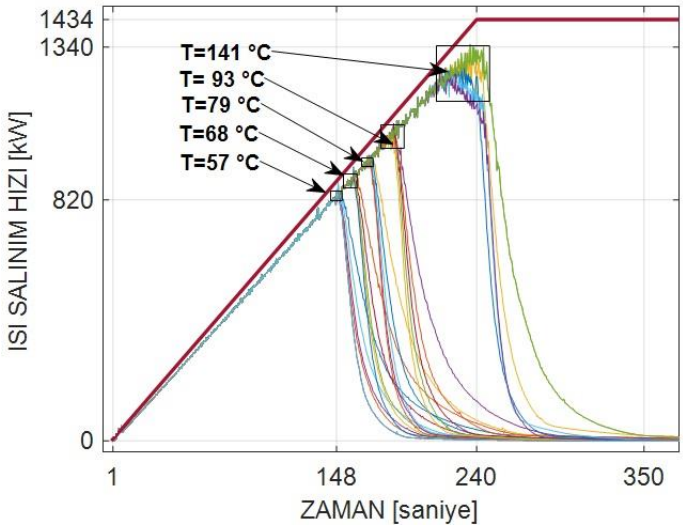
7.ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Yangın esnasında araç camının kırılacağı ve kırılmayacağı durumlar için toplamda 30 simülasyon yapılmış olup, camların 520 °C sıcaklığa ulaştığında kırılacağı varsayımı ile yapılan 25 ayrı simülasyon sonucu elde edilen yangın gelişim eğrileri Şekil 10'da verilmiştir. Şekil 10'da yer alan en dıştaki kırmızı eğri kategori 3 yangın eğrisinin ilk 350 s'lik kısmını ifade etmektedir. Sprinkler sistem devreye girmeden önce, yangının ilk çıktığı otomobilin camları tüm senaryolarda kırılmış olup, Sprinklerden atılan su damlacıkları otomobilin iç kısmındaki yangın yüzeyine erişmiş ve etkili bir yangın söndürme süreci başlamıştır. Sprinklerden atılan su damlacıklarının yanmaya başlayan otomobilin kırılan ön camından içeri girebildiği Şekil 9'daki simülasyon görüntüsünden de anlaşılmaktadır.



Şekil 10. Yangın esnasında araç camının kırılması ve sonrasında araç içine su girişi

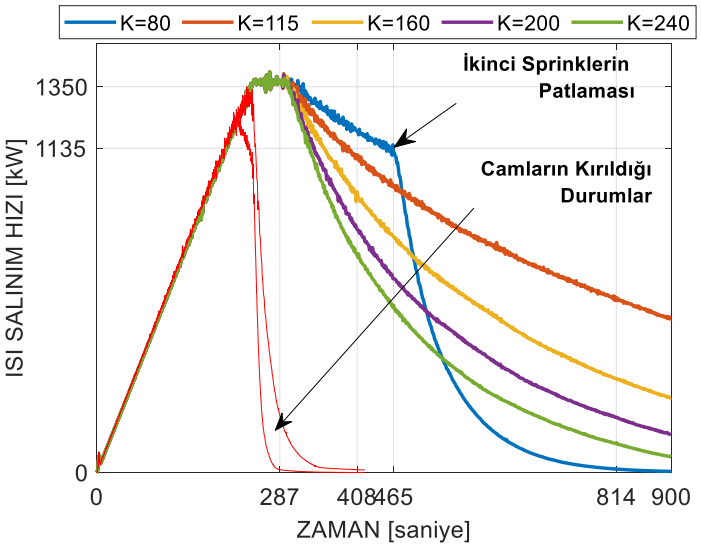
Sprinkler sistemlerin devreye girme anları, sprinklerlerin K faktörlerinden bağımsız olarak aktivasyon sıcaklıkları ile ilişkilidir. Şekil 11'de de görüldüğü gibi aynı T aktivasyon sıcaklığına sahip olan farklı K faktörlü sprinklerler aynı saniyede aktive olmuştur. Aktivasyon sıcaklıkları düştükçe, sulu yangın söndürme sistemi yangının daha erken evrelerinde devreye girmektedir. Bu nedenle bu tür robotik otoparklarda 141 °C aktivasyon sıcaklığına sahip bir sprinkler modelinin kullanılması uygun olmayacaktır, ancak sıcak iklimlerde çalışacak bir robotik otoparkın içinde solar radyasyon sebebiyle 57 °C gibi sıcaklıklara normal çalışma koşullarında ulaşılabileceği için 68 °C ya da 79 °C aktivasyon sıcaklığına sahip olan sprinklerler daha uygun olacaktır. Sprinklerlerin K faktörleri arttıkça yangının ısıl salınım hızındaki azaltma artmaktadır. Sabit çalışma basıncı altında K faktörü arttıkça spriklerlerin attıkları su debisi arttığı için yüksek K faktörlü sprinklerler yangının kontrol altına alınmasında daha etkili olmaktadır.



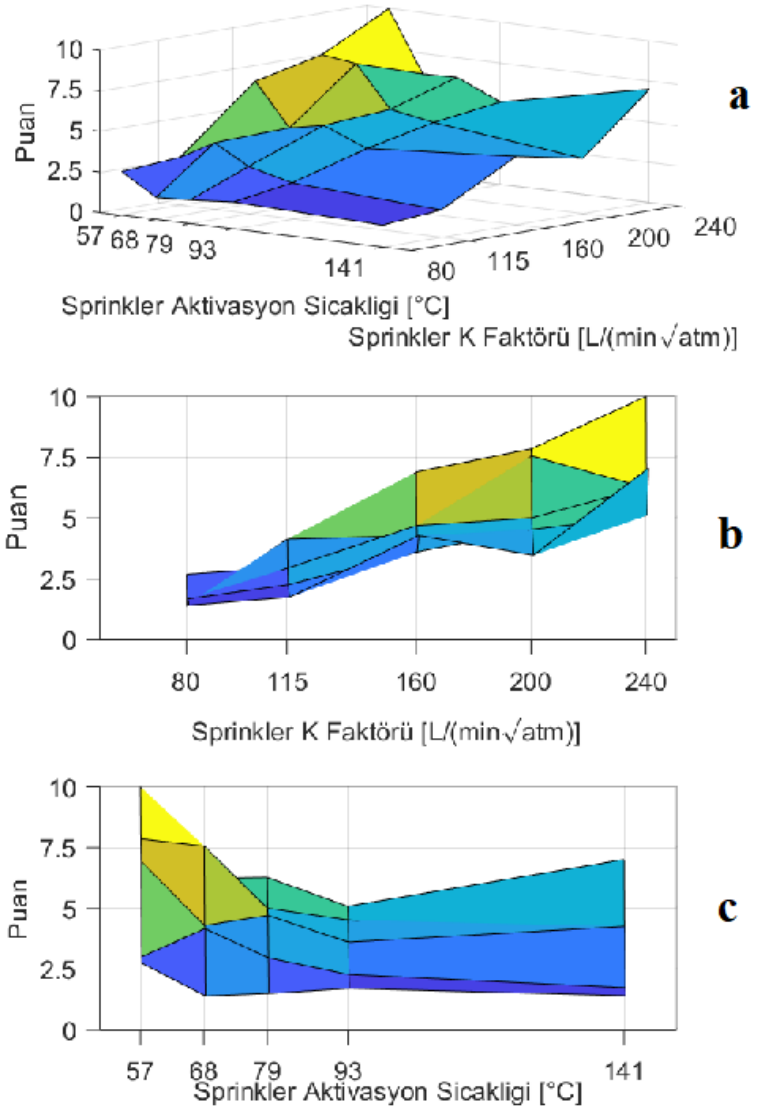
Şekil 11. Sprinkler aktivasyon sıcaklığının yangın gelişim eğrisine etkisi

Farklı K faktörü ve aktivasyon sıcaklığındaki sprinklerlerin 1 bar sabit basınç altında çalışmaları ile yapılan simülasyonlardan elde edilen tdg ve tsön değerleri kısım altıda anlatıldığı gibi işlenmiş ve sprinklerlerin aldıkları puanlar Şekil 13'te yüzey grafiği olarak verilmiştir. Camların kırılmadığı durumlar için yapılan simülasyonlar için sprinkler puanlaması yapılmamıştır. Şekil 13'teki yüzey grafiği genel olarak incelendiğinde düşük aktivasyon sıcaklığı ve yüksek K faktörünün daha etkili

olduğu görülmektedir. Ancak baskın olan değişken K faktörüdür. Elde edilen puanlama yüzey grafiğinin aktivasyon sıcaklığı üzerine iz düşümü alındığında, aktivasyok sıcaklığı ile sprinkler sistemin performansı arasında belirgin bir bir ilişki görülmemiştir (Şekil 13-c). Ancak Şekil 13-b'de de görüleceği üzere K faktörü arttıkça aktivasyon sıcaklıkları değişse bile genel bir performans artışı gözlemlenmiştir. Bu veriler ışığında, K faktörünün 160 ve üzerinde; aktivasyon sıcaklığının 79 °C ve altında tercih edilmesi uygun olacaktır. Ancak denklem 9'da ki a katsayısının deneysel olarak robotik otoparklar için bulunması sonrasında daha doğru sonuçlar elde edilebilir.



Şekil 12. Ön ya da arka camının kırılıp/kırılmama durumu

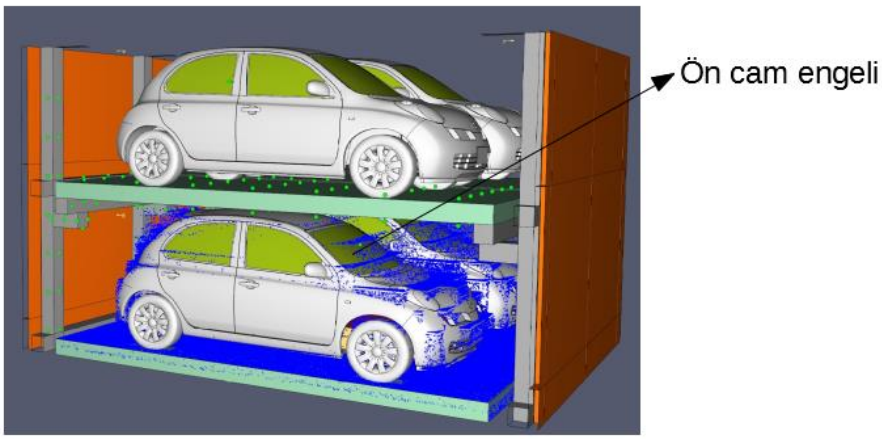


Şekil 13. Farklı K faktörü ve aktivasyon sıcaklığına sahip sprinkler sistemlerinin karşılaştırılması

Yangın esnasında, yanmakta olan otomobilin sprinklere bakan ön ve arka camlarının kırılıp/kırılmaması yangının kontrol altına alınmasında kilit rol oynamakta ve

hatta tahmin edilmesi zor durumları ortaya çıkmaktadır. Camların kırılmadığı durumlar için sabit 141 °C aktivasyon sıcaklıkğı ve farklı K faktörleri için elde edilen yangın ısıl gelişim eğrileri Şekil 12'de verilmiştir. Genel olarak camların kırılmaması durumunda yangının kontrol altına alınmasının çok uzun süreceği ve hatta yandaki araçlara yayılabileceği görülmüştür. Camların kırılmaması sonucunda sprinklerin attığı su aracın kaporta ve cam yüzeylerin altında kalan yangın yüzeyine ulaşamamakta ve yangının ısıl gücü yeteri kadar azaltılamamaktadır. Bu durum Şekil 14'te gösterilmiştir. K faktörü 115 olan sprinkler sisteminde en kötü sonuç elde edilmiş olup, bu durumdaki yangın 963. saniyede "Sol Araç"ın tutuşmasına neden olmuştur. Ancak bu çalışmadaki araçlar arası yangın yayılım seneryosunun geliştirilmesi ile daha doğru sonuçlar alınabilir. Mevcut senaryo modelinde araçların tampon, tekerlek gibi dış düzeyden tutuşabilecek parçaları göz ardı edilmiş daha çok sprinkler ve araç camları üzerine odaklanılmıştır.

K faktörü 80 olan sprinkler sistemde en iyi yangın kontrol altına alma performansı gözlemlenmiştir. Diğer durumlarda sprinklerlerden birisi patladığın araç üzerine atılan su debisi çok yüksek olduğunda araç çevresinde etkili bir soğuma sağlanmış ve karşı taraftaki sprinkler patlama sıcaklığına erişememiştir. K faktörünün 80 olduğu durumda ise ilk patlayan sprinkler araç çevresinde nispeten az bir soğutma etkisi yaratmış ve karşıdaki sprinkler de patlama sıcaklığına erişebilmiştir. Yanan aracın ön ve arkasındaki her iki sprinklerin de patlaması, aracın tüm çevresinin sprinklerlerden atılan su ile kaplanmasını ve yan pencereler gibi nispeten küçük açıklıklardan aracın içine soğutma suyunun girebilmesini sağlamıştır. Bu durum Şekil 13'teki K=80 eğrisinde görülebilmektedir.



Şekil 14. Kırılmayan camın soğutma suyuna karşı bariyer oluşturması

Çok katlı robotik otoparklar giderek yaygınlaşacaktır. Yapı yüksekliği ile sistemin ekonomik karlılığı paralel olduğu için şirketler/yerel yönetimler olabildiğince yüksek ve daha fazla araç kapasitesine sahip sistemlere yönelecektir. Bu durum bu tür yapıların büyük çoğunlukla dar alanlara yapılacak olmasıyla birleştiğinde ortaya hem robotik otopark yapısı hem de çevresindeki diğer yapı ve insanlar için yaralanma, ölüm ve ekonomik kayıp risklerini arttıracaktır.Bu çalışmada şuan için yapılan analizler sprinkler sistemlerin yangını kontrol altına almada etkili olduğunu göstermektedir. Ancak bu durum mutlaka yangın testleri ile desteklenmelidir.

KAYNAKÇA

bin Mohd Tohir, M. (2015). Multiple Vehicle Design Fire Scenarios in Car Parking Buildings (Ph.D). University of Canterbury.

BS 7346-7:2013 - Components for smoke and heat control systems. Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks (British Standard). (2019). Retrieved 14 October 2019, from https://webstore.ansi.org/standards/bsi/bs73462013

Fettah, B. (2016). FIRE ANALYSIS OF CAR PARK BUILDING STRUCTURES (MSc). Polytechnic Institute of Bragança.

Halada, L., Glasa, J., & Weisenpacher, P. (2012). Computer Modelling of Automobile Fires (pp. 203-228). INTECH Open Access Publisher.

Joyeux, D. (2002). Demonstration of real fire tests in car parks and high buildings: final report. Luxembourg: Off. for Off. Publ. of the Europ. Communities.

McGrattan, K., McDermott, R., Weinschenk, C., & Forney, G. (2013a). Fire Dynamics Simulator, Technical Reference Guide, Sixth Edition. https://www.nist.gov/publications/fire-dynamics-simulator-technical-reference-guide-sixth-edition, 14.09.2019.

McGrattan, K., McDermott, R., Weinschenk, C., & Forney, G. (2013b). Fire Dynamics Simulator, User's Guide, Sixth Edition. https://www.nist.gov/publications/fire-dynamics-simulator-users-guide-sixth-edition, 14.09.2019.

McGrattan, K., McDermott, R., Weinschenk, C., & Forney, G. (2013c). Fire Dynamics Simulator, Validation Guide, Sixth Edition. https://github.com/fire models/fds/releases/download/FDS6.7.1/FDS_Validation_Guide.pdf, 14.09.2019.

Merseyside Fire&Rescue Service (2018). “Kings Dock Car Park Fire”, https://www.bafsa.org.uk/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2018/12/Merseyside-FRS-Car-Park-Report.pdf ,20.10.2019

ODD, (2019). “İkinci El Online Sektör Raporu Mayıs 2019”. Retrieved 13 June 2019, from http://www.odd.org.tr/folders/2837/categorial1docs/2466/May%c4%b1s'19%20T%c3% bcrkiye%202.el%20Otomotiv%20Online%20Pazar%20Trendi%20Raporu.pdf

Okamoto, K., Watanabe, N., Hagimoto, Y., Chigira, T., Masano, R., & Miura, H. et al. (2009). Burning behavior of sedan passenger cars. Fire Safety Journal, 44(3), 301-310. doi: 10.1016/j.firesaf.2008.07.001

Park, Y., Ryu, J., & Ryou, H.S. (2019). Experimental Study on the Fire-Spreading Characteristics and Heat Release Rates of Burning Vehicles Using a Large-Scale Calorimeter. Energies, 12(8), 1465. doi: 10.3390/en12081465

Pope, Nicholas D., (2005). Computational fluid dynamics modelling of large-scale compartment fires, Doktora Tezi, The University of Manchester, Birleşik Krallık.

Sanpark Otopark Sistemleri, (2016). http://www.sanpark.eu/sanpark-referanslar/33/TuRKiYE/Balikesir_SKYPARK , 14.10.2019

Schleich, J. (1999). Development of design rules for steel structures subjected to natural fires in closed car parks. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Sikanen, T., Vaari, J., Hostikka, S., & Paajanen, A. (2012). Modeling and simulation of high pressure water mist systems. Espoo: VTT Technology.

SKYPARK SW » Sanpark Otopark Sistemleri. (2019)., http://www.sanpark.eu/sanpark-urunler/16/SKYPARK_SW ,14.10.2019

Tewarson, A., Abu-isa, I., Cummings, D., & Ladue, D. (2000). Characterization Of The Ignition Behaviour Of Polymers Commonly Used In The Automotive Industry. Fire Safety Science, 6, 991-1002. doi: 10.3801/iafss.fss.6-991

Qin, T., Guo, Y., Chan, C., & Lin, W. (2006). Numerical investigation of smoke exhaust mechanism in a gymnasium under fire scenarios. Building And Environment, 41(9), 1203-1213. doi: 10.1016/j.buildenv.2005.05.009

Weisenpacher, P., Glasa, J., & Halada, L. (2016). Automobile interior fire and its spread to an adjacent vehicle. Journal Of Fire Sciences, 34(4), 305-322. doi: 10.1177/0734904116647972

BAZALT VE ÇELİK ELYAF İLE TAKVİYE EDİLMİŞ GEOPOLİMER HARCIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Esameddin Saed MULAPEER
Harran University

Kasim MERMERDAŞ
Harran University

Zeynep ALGIN
Harran University

Nadhim Hama SOR

Şevin EKMEN
Harran University

Engineering Properties of Steel and Basalt Fiber Reinforced Geopolymer Mortar

ABSTRACT: This research illustrates results of an experimental study carried out to determine the engineering properties of geopolymer mortar reinforced with two types of fibers. The base material and the activation agents are fly ash and mixture of NaOH and Na2SiO3. The aggregate used is river sand with a nominal particle size of less than 4 mm. Two different types of fiber were used which are basalt fiber and steel fiber. The effect of utilization of fiber on unit weight, flow of mortar, flexural and compressive strength of geopolymer mortar was studied. Fly ash to alkaline activator was fixed at 2/1. The alkaline mixing ratios were 1 to 2.5 were taken into account for NaOH solution and Na2SiO3 solution, respectively. Two types of fibers basalt fiber and steel fiber were added to the mixes with ratio of 0.20%, 0.40%, 0.60%, 0.80%, and 1.0% by volume of the mortar, with a control mix having no fiber. Heat curing regime of 24 hours with 60 oC temperature was applied. According to the experimental results, it was determined that the inclusion of fibers decreases the flow but increases the flexural and compressive strength of geopolymer mortar.

Keywords: Geopolymer Mortar, Fly Ash, Alkaline Activation, Basalt Fiber, Steel Fiber Strength

1. INTRODUCTION

Since the concrete is the most widely used construction material, one cannot imagine any construction project without concrete. Hence, the cement is the most important component in the concrete production. Cement production releases a huge amount of carbon dioxide into the atmosphere that causes an increase in the average air temperatures, known as global warming. According to the report of global cement production organization the annual cement production for the year 2018 was 4.1 billion metric tons (URL1). McCaffrey (2002) estimated that the OPC production is rising at the rate of about 3% annually. Manufacturing of one ton of cement contributes to producing nearly one ton of CO_2. The amount of CO_2 released to the atmosphere is responsible for the 7% of total emissions of greenhouse gases, and this CO_2 contributes about 65% of global warming.

In order to reduce the amount of cement production, and to produce environmentally friendly concrete, many materials and methods have been studied. This studies have been focused on finding suitable materials to be used as a partial or complete alternative to Portland cement. French scientist Joseph Davidovits finds that the waste materials or by-product that contain aluminous (Al) and siliceous (Si) materials such as husk ash; slag or fly ash can be used with an alkaline to interact as source material of geological root to produce binder (Davidovits, 1988). Davidovits (1978) named these binders as “geopolymers”, and the term “geopolymer” firstly coined by him in reference to aluminosilicate polymers which has an amorphous microstructure formed in an alkaline environment. Geopolymer is a type of unorganized aluminosilicate product demonstrates the ideal properties of rock forming elements like longevity, chemical stability, and hardness. Geopolymer is a member of the family of inorganic polymers that composed of a polymeric Si–O–Al framework, such as zeolites (Palomo et al., 1999; Davidovits, 1978; Davidovits, 1988). Young (1998) defined polymer is a category of materials made of large molecules that consist of a large number of repeated units (monomers). The unit molecular structure that forms the large molecules controls material properties (Young, 1998; Hemmings, 1988). The amorphous or non-crystalline form is the state when the regularity of atomic packing is completely absent. Another pozzolan such as blast furnace slag can be used to produce binder when activated using alkaline liquids. Therefore, total replacement of ordinary Portland cement can be considered (Van Jaarsveld et al., 2012; Gum et al. 2013). Davidovits (1978) has finalized his conclusions that geopolymer properties include high early strength, corrosion resistance, sulfate resistance, freeze-thaw resistance, and low shrinkage. The alkaline liquids which consist of silicate and hydroxide affects the propertries of geopolymer. The concentration of the hydroxide also have a direct effect on the hardened properties of geopolymer concrete. Increasing

the molarity of hydroxide and increasing the ratio of silicate/hydroxide increase the compressive strength of geopolymer concrete (Mermerdaş et al., 2018). Hence, it can be said that geopolymer concrete is a type of new concrete which can be affected rfrom various factors and may be considered as an alternative construction material without Portland cement.

Further consideration of geopolymer is that it is an environmentally friendly material, and other properties could better compare with ordinary Portland cement concrete (Nematollahi et al., 2014). Sumajouw and Rangan (2006) through their research on reinforced geopolymer concrete based with low calcium fly ash, studied on columns and beams. They concluded that the produced geopolymer concrete has excellent durable properties. Also, they reported that creep was low, drying shrinkage was very low, with good resistance to acid and very high resistance to sulfate attack. Another benefit of GC is the recycling of industrial waste materials which have a disposal problem (Ryu et al., 2013). For example, fly ash is a byproduct material from combustion coal particularly in power plants that are widely available throughout the world.

When the conventional ordinary Portland cement is used for production of concrete, there is a tendency to benefit from fibrous materials to the concrete in order to increase concrete's structural integrity, and improve mechanical properties, (Choi and Yuan, 2005). Through the history to improve ancient construction materials, horsehair was added to mortar and mud to make bricks stronger. Fibers have been used as strengthening materials since antiquity, and the idea is not new (Mehta and Monteiro, 2006).

The idea of fiber reinforced concrete and composite materials came into being in the 1950s and was one of the interesting topics (Mehta and Monteiro, 2006). From 1960 many researchers have studied the influence of using various fibers type such as, synthetic, glass and steel fibers for strengthening of OPC concrete. Also these materials have been investigated to observe the effectiveness on the durability properties. Another researchers such as Choi and Yuan (2005), and Mehta and Monteiro (2006), has investigated the influence of adding glass fibers in OPC concrete in terms of strength properties of conventional OPC concrete. In recent research by Nematollahi et al. (2014), they investigated the influence of glass fiber addition on properties of hardened and fresh FA based GPC. For production of geopolymer concrete (GPC) they used a solution of 8M Na_2SiO_3 (71.4%) + NaOH (28.6%) and ratio SiO_2/Na_2O utilized was 2 (Nematullahi et al., 2014). Moreover, they used glass fibers in varying percentages; 0.50%, 0.75%, 1.00% and 1.25% by volume of concrete, and concluded that with an addition of glass fiber results increase of flexural strengths, compressive strength, and density with decreasing the workability.

In this study, the effectiveness of fiber reinforcement on the fresh and hardened properties of geopolymer mortar was investigated. Two types of short cut fibers, namely, basalt and steel were used. The addition levels were selected up to 1.0% of the total volume of the mortar by 0.2% increment steps.

2. MATERIALS and METHODS

2.1 Materials

The main goal of this research is to experimentally illustrate the effect of fibers on fresh and mechanical properties of geopolymer mortar. Two types of fiber were used namely, steel fiber with 3 mm length and basalt fiber with 6 mm length. Dry fly ash (ASTM Class F) was used as a base material to obtain a binder in an alkaline environment. Fly ash obtained from a local power plant, the Table 1 shows the chemical composition of the FA. A combination of sodium silicate (Na_2SiO_3) and sodium hydroxide (NaOH) was used as alkaline activator. The preparation of sodium hydroxide (NaOH) solution was obtained by dissolving sodium hydroxide flakes in water. The mass of NaOH solids in a solution disperse according to the solution concentration expressed in terms of the molar, M. In this research, NaOH with 12M (381 g/kg). For preparation of 1-kilogram solution was used. Readymade solution of Sodium silicate was obtained from supplier. Sodium silicate solution has the chemical composition of SiO_2=29.4%, Na_2O=14.7%, with water about 55.9% by mass. The specific gravity of sodium hydroxide solution was =1.48 g/cc with viscosity at 20 ^oC was =400 cp. Aggregate was used in research was provided from local river quarry (river sand). Only fine aggregate was used (0-4mm). Maximum nominal particle size of 4 mm was used to obtain aggregate grade from (0-4mm). Aggregate was saved in laboratory environment. Specific gravity of aggregate obtained according to standard testing procedure and determined to be 2.64. In order to improve the flow of the mortar, polycarboxilate ether type superplasticizer (SP) in a solution form with a specific gravity of 1.07 was used by amount of 6% of fly ash weight in all mixtures.

Table 1. Chemical composition of fly ash

Composition	FA %
CaO	2.2
SiO_2	57.2
Al_2O_3	24.2
Fe_2O_3	7.1
MgO	2.4
SO_3	0.3
K_2O	3.4
Na_2O	0.4
S.G	2.29

2.2. Mix Proportions

Mixing design has important effects in the production of geopolymer concrete. Inappropriately combined mixture may cause failure such as late setting or flash setting. Both of problems are considered as failures and cause inapplicability of the material. In order to avoid this drawback, the selection of mixture ingredients was summarized as following based on the past researches that were summarized in previous paragraphs. Moreover, based on results of some trial mixtures in a preliminary study, fly ash used as base material obtained by 600 kg/m^3, a mixture of sodium hydroxide (NaOH) solution and sodium silicate solution (Na_2SiO_3) was used as alkaline liquid by ratio 1 to 2.5. The molarity of sodium hydroxide was 12M. Ratio of alkaline solution to fly ash was (1/2) by mass of fly ash. To improve the flowability of geopolymer mortar Super-plasticizer with specific gravity of 1.07 was added to the mix by amount of 6% by mass of fly ash. Steel fiber with length of 3 mm, specific gravity 7.65, and basalt fiber with length of 6 mm, specific gravity 2.65 were added by amounts of 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, and 1 % by the total volume of mixture. Totally 11 mixtures were obtained.

Table 2. Mix proportion with basalt fiber

Mix ID	Fly Ash	Aggregate Fine	NaOH Solution	Na_2SiO_3 Solution	Fiber Basalt		S.P % FA	
	Kg/m^3	Kg/m^3	Kg/m^3	Kg/m^3	(%)	Kg/m^3	%	Kg/m^3
Control	600	1294.63	85.68	214.32	0	0	6	36
0.20%	600	1289.65	85.68	214.32	0.2	5.34	6	36
0.40%	600	1284.37	85.68	214.32	0.4	10.68	6	36
0.60%	600	1279.09	85.68	214.32	0.6	16.02	6	36
0.80%	600	1273.81	85.68	214.32	0.8	21.36	6	36
1.00%	600	1268.29	85.68	214.32	1	26.7	6	36

Table 3. Mix proportion with steel fiber

Mix ID	Fly Ash	Aggregate Fine	NaOH Solution	Na_2SiO_3 Solution	Fiber Steel		S.P % FA	
	Kg/m^3	Kg/m^3	Kg/m^3	Kg/m^3	(%)	Kg/m^3	%	Kg/m^3
Control	600	1294.63	85.68	214.32	0	0	6	36
0.20%	600	1289.65	85.68	214.32	0.2	15.7	6	36
0.40%	600	1284.37	85.68	214.32	0.4	31.4	6	36
0.60%	600	1279.09	85.68	214.32	0.6	47.1	6	36
0.80%	600	1273.81	85.68	214.32	0.8	62.8	6	36
1.00%	600	1268.29	85.68	214.32	1	78.5	6	36

2.3. Mixing, Casting and Curing

Mixing stage is very important. Any mistake or wrong material selection causes wrong results and waste of time and materials. For weighing materials, a sensitive balance was used. For mixing stage an automatically controlled electrical mortar mixer of 5 liter capacity was used. Before mixing, the materials were prepared, weighed and packed in suitable containers. First, solid mix ingredients (aggregate and fly ash) were mixed dry in mixer pan to at least 3 minutes, then liquid materials (alkaline solution) was added to mixer gradually, after that fiber glass was added to mixer, and finally the superplasticizer was added. The mixer operates up to 5 minutes to complete the mixing stage of the fresh mortar.

Firstly, the molds with dimension of 40x40x160 mm was prepared and lubricated to prevent adhesion of geopolymer mortar to the molds. The second step was filling the first half of molds with the ready mortar. Mechanical vibration for 25 seconds on vibration table was done to reduce the air bubbles inside the mortar. Same procedure was done for the next layer. After that the top of molds was leveled to get uniform shape and extra materials were removed. Before curing process, the molds were covered by heat resistant film to prevent moisture loss during high temperature curing. Then, curing processes were started. From the previous researches, it was found that the strength of geopolymer acquired by temperature, and significantly increases with the increasing temperature of curing. Heat curing was used by using electrical oven with constant temperature at 60 ^{o}C for 24 hrs.

2.4. Testing Procedure

According to ASTM C l38 to obtain the fresh unit weight of geopolymer mortar, a digital weight scale was used by weighing empty molds before casting and weighing molds after casting process. To check the dimensions of the molds calipers was used. The flow of geopolymer mortar was obtained according to ASTM C1437 by using of flow table instrument. Firstly, the cone was placed on its specified place in the middle of the circular table. The mold was filled by the first layer about 25 mm thick with fresh geopolymer mortar and compacted with the tampers for 20 times. For the second layer, the same procedure was repeated. The cone was lifted away and immediately the table was dropped from a height of 12.7 ± 0.13 mm for 25 times in 15 sec. the diameter of the geopolymer mortar along the top of the table was measured by using a small ruler. The flow was obtained as a percentage of the original base diameter. It was calculated by subtracting the initial diameter from the flow diameter measured in two directions after flow. The difference is calculated as the percentage of the initial diameter and recorded as the flow of mortar. Flexural

strength test for geopolymer mortar was obtained according to ASTM C87 on 3000 kN capacity hydraulic testing machine by (40x40x160) mm prism, the test was executed on the specimens at the age of 24 hrs. heat curing and then 7 days of rest curing. The loading rate was selected as 0.01 kN/sec. The flexural strength was calculated from the average of three samples at each age test. The compressive strength test of GPM was obtained on 3000 KN capacity hydraulic testing machine by (40x40x40) mm cube and test was done according to ASTM C39 (2012), the test was executed on the specimens at the age of 24 hrs. heat curing at 60 ^{o}C temperature and then 7 days of rest curing at laboratory temperature. Compressive strength was calculated from the average of three samples at each testing age.

3. RESULTS and DISCUSSION

The flow of the geopolymer mortar was obtained as the result of percentage increase in average base diameter of fresh geopolymer mortar. The results shown in Figure 1 the control mixture was adjusted to have a flowable consistency. According to the results the flow was decreased with increasing of the amount of fibers, especially with basalt fibers. This is because of the long shape of fiber glass and its blocking effect on the movement of mortar particles. But with steel fibers the effect of hindering the flow was not as much as basalt fibers. This was attributed to the shorter length of steel fiber and smoothness of the surface.

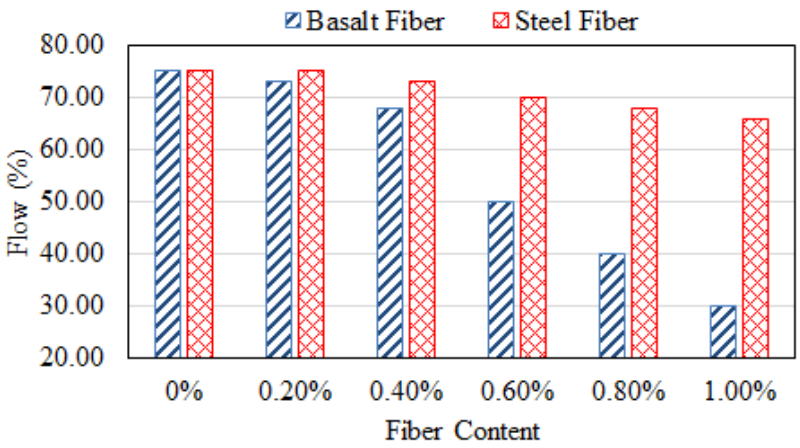


Figure1. Effect of fiber content on flow

Unit weight of geopolymer mortar was measured as soon as the filling of the molds was finished. Figure 2 shows the results of geopolymer mortar unit weight. As shown in the Figure the unit weight for control mixture was 2212 kg/m^3. The unit weight was not affected from increasing the amount of basalt fiber due to the unit weight of basalt fiber is close to the unit weight of aggregate. However, the change in unit weight due to steel fiber content is relatively high. The reason for this is that the unit weight of steel fiber is higher than the unit weight of aggregate used.

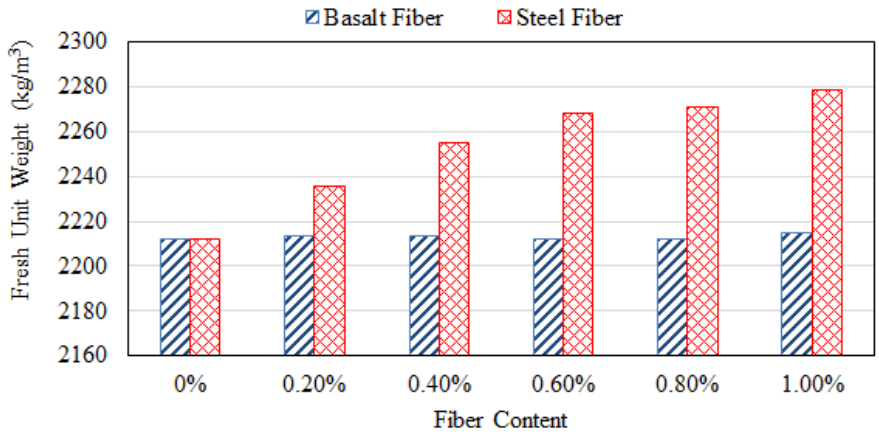


Figure 2. Unit weight of geopolymer mortar

The test results regarding the flexural strength are shown in Figure 3. The flexural strength for control mixture was 6.54 MPa. The flexural strength increased with increasing the amount of fiber content in both types of basalt and steel fiber from 0.20% to 1.0% about 14 % for steel fiber and about 12.5% for basalt fiber.

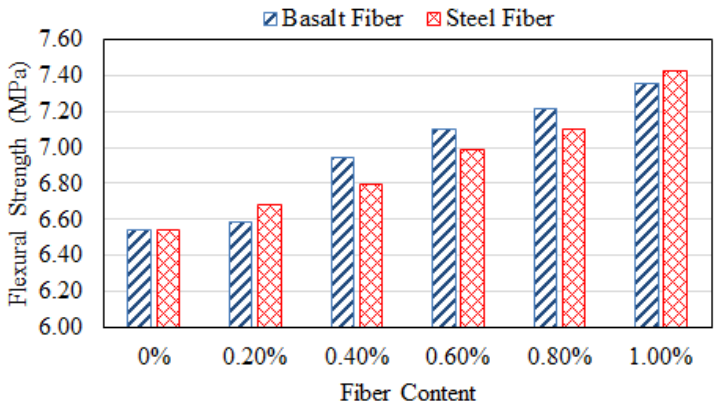


Figure 3. Flexural strength results

The compressive strength is the most important characteristics for the performance evaluation. For that the compressive strength is considered the most critical parameter for the construction materials. Figure 4 shows the tests results.The average compressive strength obtained for control mixture was 22.78 MPa. Firstly the compressive strength was decreased with increasing the amount of both basalt fiber and steel fiber till 0.4% and then started to increase and become more than the control mixture. The reduction in compressive strength is due to the voids entrapped because of fiber addition. However, after some critical amount (0.4%) the crack arrest effect of fiber eliminated this drawback.

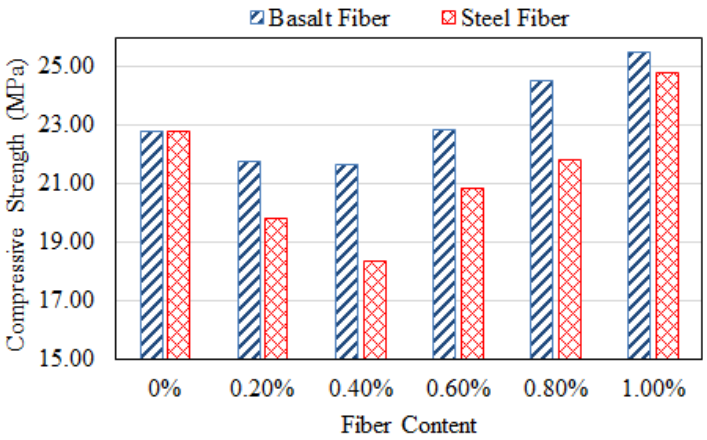


Figure 4. Compressive strength results

4. CONCLUSION

1- Fly ash based geopolymer binder will completely eliminate cement in concrete and helps in contribution to prevent global warming and provides utilization of waste material (fly ash) effectively.

2- Fly ash based geopolymer concrete can be used in the applications where rapid strength development is needed as it gains its strength in about (24-48 h) curing.

3- Fly ash based geopolymer reinforced with fibers products can be proposed for manufacture of precast structure.

4- The density of fly ash based geopolymer reinforced with fiber mortar was found approximately equivalent to that of conventional ordinary Portland cement.

5- Compressive strength and flexural strength of fiber reinforced fly ash based geopolymer increased with increasing fiber content.

6- Workability of fly ash based geopolymer reinforced with basalt fiber mortar decreased with the increase of basalt fiber content, but with steel fibers did not have an effect.

REFERENCES

CHOI Y., YUAN R.L. (2005). “Experimental relationship between splitting tensile strength and compressive strength of GFRC and PFRC”, Cement and Concrete Research. 35:1587-91.

DAVIDOVITS, J. (1988). “Mineral polymers and methods of making them”, United States Patent. 4:349-386.

DAVIDOVITS, J. (1978). “Solid phase synthesis of a mineral block polymer by low temperature polycondensation of aluminosilicate polymers”, International Symposium on Macromolecules. Stockholm, Sweden: International Union of Pure and Applied Chemistry.

RYU G.S., LEE Y. B., KOH K. T., CHUNG Y.S. (2013). “The mechanical properties of fly ash-based geopolymer concrete with alkaline activators”, Construction and Building Materials. 47:409–418.

HEMMINGS, R.T., BERRY, E.E. (1988) "Fly ash and coal conversion by-products, characterization, utilization and disposal", Better Ceramics Through Chemistry (Reno, Nevada: Materials Research Society, 113-138.

McCAFFREY, R. (2002). Climate change and the cement industry, Global Cement and Lime Magazine Environmental Special Issue. 15-19.

MERMERDAŞ K., PIRAZHAN G., OLEIWI S.M. MULAPEER E. (2018) "Effect of Alkali Activator Concentrations and Elevated Temperature Curing Regimes on The Strength of Fly Ash Based Geopolymer Mortar", Harran University Journal Of Engineering. HU, J. of Eng. 03: 268-275

NEMATOLLAHI B, SANJAYAN J, CHAI J. X. H., LU T.M. (2014) "Properties of Fresh and Hardened Glass Fiber Reinforced Fly Ash Based Geopolymer Concrete", Key Engineering Materials., 594:629-633.

MEHTA P. K., MONTEIRO P. J. M. (2006) Concrete Microstructure, Properties, and Materials. 3rd edition.

PALOMO A, M.T. BLANCO, AND M. W. GRUTZECK (1999) "Alkali-activated fly ashes, a cement for the future", Cement and Concrete Research., 29:1323-1329.

SUMAJOUW, M.D.J., RANGAN, B.V. (2006). Low-Calcium Fly-Ash based geopolymer concrete: reinforced beams and columns, Research Report GC3, Faculty of Engineering, Curtin University of Technology, Perth

URL1: Word annual cement production survey and statistics web site.: https://www.statista.com/statistics/267364/world-cement-production-by-country/

VAN JAARSVELD, J.G., VAN DEVENTER, J.S., LUKEY, G.C. (2002) "The effect of composition and temperature on the properties of fly ash-and kaolinite-based geopolymers". Chemical Engineering Journal. 2002, 89, 63-73.

YOUNG, J. F., S. MINDNESS, R.J. GRAY, A. (1998) The science and technology of civil engineering materials, upper saddle river, New Jersey, USA, Prentice-Hall, Inc.

YAKIN-FAY YER HAREKETLERİ İÇİN EŞDEĞER AZALAN SİNUZOİD PULS MODELİNİN SİSMİK İZOLASYONLU BİNALARIN KAT TEPKİ SPEKTRUMLARI AÇISINDAN ETKİNLİĞİ

Ar. Gör. Dr. Hatice GAZİ
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa

Ar. Gör. Dr. Seda ÖNCÜ-DAVAS
İstanbül Üniversitesi - Cerrahpaşa

Prof. Dr. Cenk ALHAN
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa

ÖZET: Meydana gelen depremlerde faya yakın bölgelerdeki yer hareketlerinde yüksek hızlı pulslar görülebilmektedir. Uzun periyotlu bu pulsların sismik izolasyonlu binaların uzun doğal periyotları ile çakışması durumunda çok ciddi yapısal tepkiler ortaya çıkabileceği için sismik izolasyonlu binaların bu tür kayıtlar altındaki performanslarının incelenmesi önem kazanmıştır. Bununla birlikte yakın-fay yer hakereketi kayıtlarının az olmasından dolayı bu tür hareketler eşdeğer puls modelleri ile temsil edilmekte ve sentetik olarak üretilmektedir. Bu çalışmada, yakın-fay yer hareketlerini temsil etmek üzere ortaya konmuş olan azalan sinuzoid puls modeli [Agrawal, A.K. ve W.L. He (2002). 'A closed form approximation of near fault ground motion pulses for flexible structures.' 15th ASCE Proc. of Eng. Mech. Conf., NY, USA] kullanıldığında sismik izolasyonlu binaların kat tepki spektrumlarının ne kadar iyi temsil edilebildiği araştırılmıştır. İzolasyon katı dahil toplam altı katlı örnek bir sismik izolasyonlu bina hem gerçek bir yakın-fay deprem kaydı hem de bu kaydı temsil eden eşdeğer azalan sinuzoid puls modeli altında doğrusal olmayan zaman tanım alanı yöntemiyle analiz edilmiştir. Gerçek ve sentetik puls kayıtları için elde edilen kat spektrumları (deplasman, hız ve ivme) arasındaki benzerlikler ve farklar karşılaştırmalı grafikler halinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yakın-fay depremleri, eşdeğer yer hareketi puls modeli, kat tepki spektrumları, sismik izolasyonlu binalar.

Effectiveness of Equivalent Decaying Sinusoidal Pulse Model for Near-fault Ground Motions Regarding Floor Response Spectra of Seismically Isolated Buildings

ABSTRACT: Pulses with high velocities can be seen in ground motions in near-fault areas during earthquakes. Since very serious structural responses may occur in case these long-period pulses coincide with the long natural periods of seismically isolated buildings, examining the performance of seismically isolated buildings under such records has gained importance. At the same time, due to the small number of near-fault ground motion records, such motions are represented by equivalent pulse models and produced synthetically. In this study, the success of the decaying sinusoidal pulse model, which was proposed to represent near-fault ground motions [Agrawal, A.K. and W.L. He (2002). 'A closed form approximation of near-fault ground motion pulses for flexible structures.' 15th ASCE Proc. of Eng. Mech. Conf., NY, USA], in capturing the actual floor response spectra of seismically isolated buildings is investigated. A six-story (including base floor) benchmark seismically isolated building is analyzed by nonlinear time history analysis method under both a real near-fault earthquake record and the equivalent decaying sinusoidal pulse model representing this record. The similarities and differences between the floor spectra (displacement, velocity, and acceleration) obtained for real and synthetic pulse records are presented in the form of comparative graphs.

Keywords: Near-fault earthquake, equivalent ground motion pulse model, floor response spectra, seismically isolated buildings

1. INTRODUCTION

Seismic isolation is a popular passive structural control technology that is effectively used for protecting structures against earthquake excitations (Datta, 2010). With this technology, it is aimed to protect both the integrity and the contents of a structure by making it possible to reduce inter-story drifts and floor accelerations concurrently. The technology is based on shifting the fundamental frequency of a structure out of the resonance range, where the dominant frequencies of typical earthquakes may extend, by means of isolation system elements. Thus, detrimental effects of the earthquakes which contain high frequencies and sharp accelerations (such as far-fault ground motions) on structures can be effectively reduced by flexible isolation systems (Makris, 1997). Thanks to its abovementioned advantageous features, seismic isolation technology is preferred for particularly mission-critical structures such as hospitals, data centers, scientific research centers, museums, etc., which generally house vibration-sensitive contents or precious historical artifacts.

On the other hand, seismic demands of seismically isolated structures may increase in case of rapid and strong-ground motions such as near-fault ground motions (Makris, 1997), which typically contain velocity pulses with long periods (Agrawal and He, 2002). Furthermore, overlapping of long fundamental periods of seismically isolated buildings with the large pulse periods of the near-fault earthquakes may drive

the structure into the resonance range (Sargın et al., 2017). The design limits for the base displacements may be exceeded by isolation system displacement demands and therefore isolators may buckle and/or rupture (Alhan and Hışman, 2016). At very high shear strain levels, shear failure could be observed in those isolators (Montuori et al., 2016). In addition, in case floor accelerations sustained during such motions exceed certain limit values that are critical for vibration-sensitive equipment which must go on serving even during an earthquake, such equipment may fail (Gazi and Alhan, 2019). Sometimes, even failure of a single vibration-sensitive content housed in mission-critical structures may cause significant economic losses. Moreover, if the abovementioned failure modes occur in a significant number of isolators almost simultaneously, this may lead to the collapse of the whole isolation system (Cardone et al., 2019).

Due to the aforementioned negative aspects, researchers focused on investigating the dynamic response of seismically isolated structures under near-fault ground motions (e.g. Lu et al., 2008; Mazza and Vulcano, 2009; Alhan et al., 2016). Recently, Gazi and Alhan (2018, 2019) investigated the probabilistic behavior and reliability of base-isolated buildings equipped with elastomeric isolators under historical near-fault earthquakes by taking into account the uncertainties in isolation system elements while Öncü-Davas and Alhan (2019a, 2019b) investigated the probabilistic behavior and reliability of semi-active isolated buildings under near-fault earthquakes. However, systematic studies based on the ground motion properties such as moment magnitudes, fault distances, pulse periods, pulse velocities and/or pulse damping ratios cannot be carried out using a limited number of actual historical records (He and Agrawal, 2008). At this point, scarcity of available historic near-fault ground motion records has directed the researchers to use of synthetic pulse-like ground motion models which can be used in lieu of real near-fault ground motion records. There are a number of analytical pulse models (Makris and Chang, 2000; Agrawal and He, 2002; Menun and Fu, 2002; He and Agrawal, 2008) in the literature, which were proposed to approximate pulse-like near-fault earthquakes. Of these, the effectiveness of equivalent pulse models developed by Makris and Chang (2000) and Agrawal and He (2002) for near-fault ground motions regarding drift and acceleration responses of base-isolated buildings is investigated by Gazi et al., 2015 and Öncü-Davas et al., 2015. Likewise, success of those pulse models in representing displacement and shear force responses of seismically isolated liquid storage tanks are investigated by Öncü-Davas et al., 2018. In addition, use of synthetic pulse models for assessing near-fault earthquake behavior of base-isolated buildings considering lead core heating is investigated by Kanbir et al. (2018, 2019).

In this study, the success of the decaying sinusoidal pulse model, which was proposed by Agrawal and He (2002) to represent near-fault ground motions, in capturing the floor response spectra is investigated. A benchmark six-story (including the base floor) seismically isolated building is analyzed by nonlinear time history analysis method under both a real near-fault earthquake record and the equivalent Agrawal and He (2002) pulse model representing this record. Then, in order to reveal the effectiveness of the pulse model in representing the related responses of two equipment (modeled as single degree of freedom systems) located on the base and the top floors of the building, the similarities and differences between the displacement, velocity and acceleration spectra of those floors obtained for real and synthetic pulse records are assessed in a comparative manner.

1.2. Historical Near-Fault Earthquake and Pulse Model

Ground motions in the near-fault zone can be significantly influenced by factors such as the fault mechanism, the shear direction of the fault, and the permanent displacement in the field as a result of tectonic movement (Bray and Rodriguez-Marek, 2004). The near-fault ground motions, which occur at a distance approximately within 10~15 km to the fault, may contain long-period large-amplitude velocity pulses. In order to answer the need for synthetic pulse-like ground motion records to be used in research related to near-fault earthquake behavior of structures, many researchers have proposed various synthetic pulse models. Among them, Agrawal and He (2002) pulse model is a very popular one, particularly for use in parametric studies, that represents the effects of near-fault ground motions in the form of a decaying sinusoid. The velocity and acceleration functions proposed by Agrawal and He (2002) are given in Eq. (2.1) and Eq. (2.2), respectively, where ζ_p is the damping factor of the decaying sinusoid, s is the initial amplitude of the pulse, and ω_p is the frequency of the sinusoid. ζ_p, s, ω_p are the pulse parameters that control the shape and duration of velocity pulse.

$$v(t) = se^{\alpha t}\sin(\beta t) \tag{2.1}$$

$$a(t) = se^{\alpha t}\left[\,\alpha\sin(\beta t) + \beta\cos(\beta t)\,\right] \tag{2.2}$$

Here, α and β are as follow

$$\alpha = -\zeta_p\omega_p\,,\ \ \beta = \omega_p\sqrt{1-\zeta_p{}^2} \tag{2.3}$$

In this study, RRS228 component of the 1994 Northridge Earthquake is used and retrieved from PEER Strong Ground Motion Database (2005). The peak ground

velocity (PGV) and acceleration (PGA) of RRS228 record are 166.1 cm/s and 0.838 g, respectively. The synthetically generated counterpart of RRS228 record is created by using the aforementioned equations. For modeling RRS228 component, the initial amplitude of the pulse (s), the frequency of the sinusoid (ω_p), and the damping factor of the decaying sinusoid (ζ_p) are taken as 2m/s, 6.08 rad/s and 16.4%, respectively (Agrawal and He, 2002). The comparative plots of the acceleration, velocity, and displacement time history records (a, v, and d) for the actual record and its counterpart synthetic record and the corresponding 5% damped acceleration, velocity, and displacement spectra (S_a, S_v, S_d) versus period (T_n) are given in Figs 1 and 2, respectively.

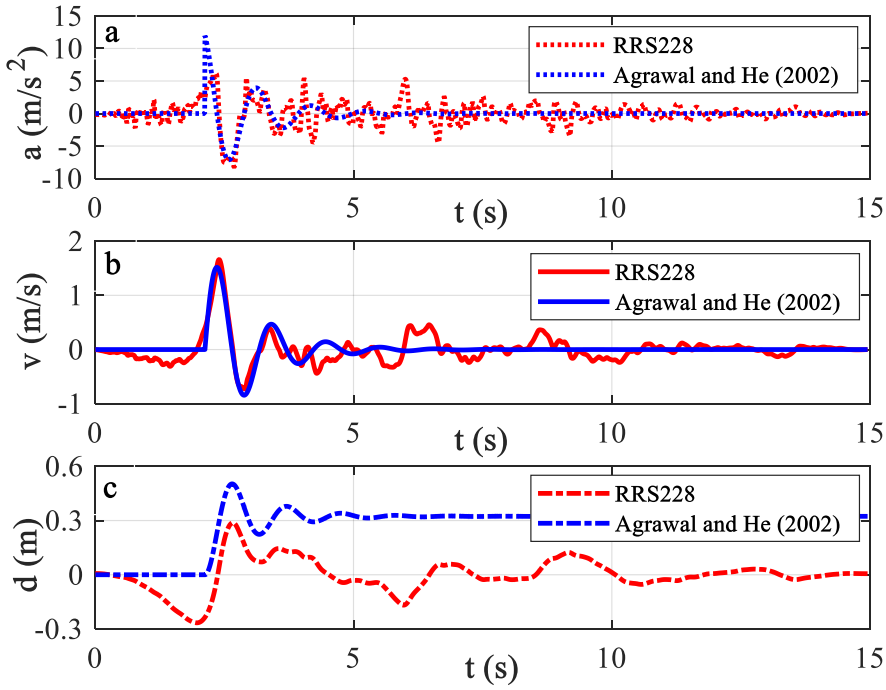


Figure 1. Recorded and generated time-histories for RRS228 record.

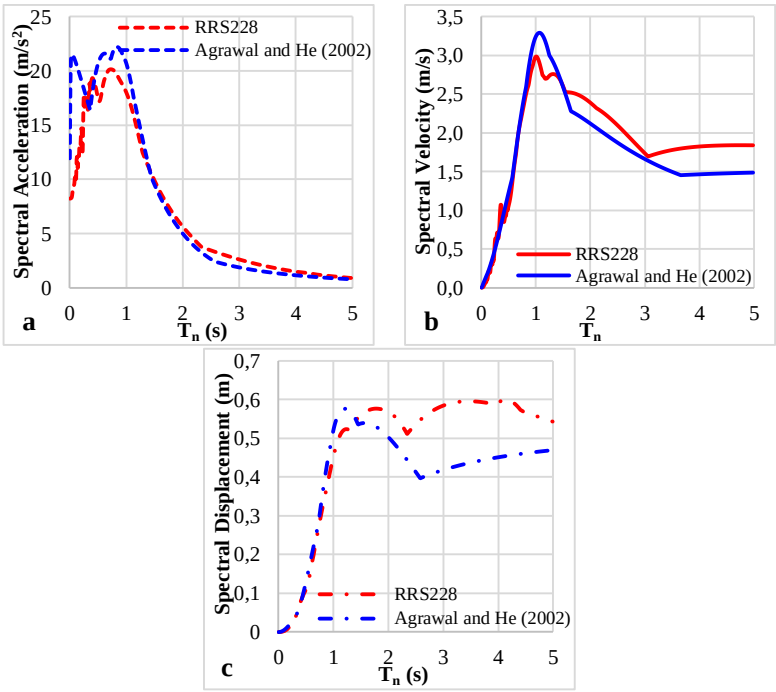


Figure 2. Recorded and generated 5% damped spectra for RRS228 record.

1. STRUCTURAL MODEL

A 6-story (including base floor) benchmark seismically isolated building, which consists of two parts as superstructure and isolation system, is considered (Fig 3). The plan is rectangular and composed of 6 bays in X-direction and 4 bays in Y-direction. The bay width and the floor heights are considered as 5 m and 3 m, respectively. The mass of each floor (including base isolation floor) is assumed as 650 kNs^2/m and lumped at the center of the gravity of the corresponding floor levels. The dimension of the columns and beams are 45 cm x 45 cm and 30 cm x 50 cm, respectively. The concrete class is selected C30 for all structural elements. Based on modal analyses carried out in SAP2000 (CSI, 2011), the fundamental fixed-base superstructure period is found to be 0.65s, and the other modal information such as eigenvalues and eigenvectors is obtained (Öncü-Davas et al., 2015 and Gazi et al., 2015). Then, the modal information is used to model the superstructure in 3DBASIS (Nagarajaiah et al., 1991).

The isolation system consists of 35 isolators modeled as smooth bi-linear hysteretic elements. The main mechanical parameters of the seismic isolation system are the characteristic force (Q), the yield force (F_y), the yield displacement (D_y), the pre-

yield stiffness (K_1), the post-yield stiffness (K_2), and the post-yield to pre-yield stiffness ratio (α). In this study, the isolation period, the yield displacement, and the characteristic force ratio are considered as T_0=3.0 s, D_y = 40 mm, and Q/W=5%, respectively. Here, W is the total weight of the building. The other mechanical parameters (K_1, K_2, F_y, and α) are calculated by equations representing the bilinear force-deformation relationship proposed by Naeim and Kelly (1999). The details of the benchmark building can be found in the studies presented by Öncü-Davas et al., 2015 and Gazi et al., 2015. Here, two SDOF equipment are considered to be located on the base and top floors. However, equipment-structure interaction is ignored.

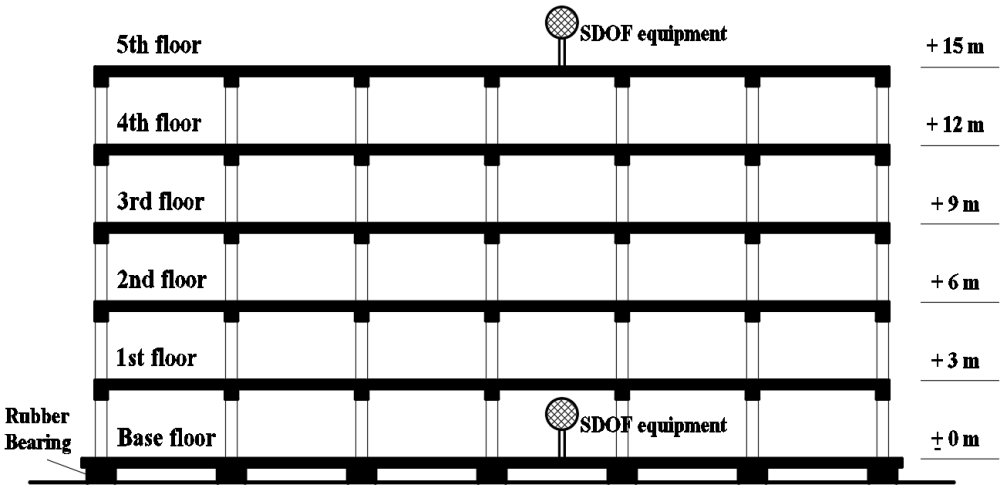


Figure 3. Typical section of the seismically isolated building

The effective stiffness (K_{eff}) at base displacement D can be calculated using the bilinear force-deformation relationship:

$$K_{eff} = K_2 + Q / D \tag{2.4}$$

The effective period (T_{eff}) is then given in Eq. (2.5), where g is the gravitational acceleration:

$$T_{eff} = 2\pi\sqrt{W / (gK_{eff})} \tag{2.5}$$

The area formed by the bilinear force-deformation relationship determines the amount of equivalent damping (β_{eff}) at base displacement D:

$$\beta_{eff} = 4Q(D - D_y) / (2\pi K_{eff} D^2) \tag{2.6}$$

Peak base displacements obtained from nonlinear time-history analyses of the seismically isolated building under RRS228 record and its synthetically generated counterpart ground motion are given in Table 3.1. Then, the effective period (T_{eff}), the effective damping (β_{eff}), and the effective stiffness (K_{eff}) values at peak base displacement (D) are calculated via Eqs. (2.4)-(2.6). T_{eff} and β_{eff} at peak base displacement obtained for RRS228 and the pulse model are very close to each other.

Table 3.1. The effective period, the effective damping and the effective stiffness values

	D (m)	K_{eff} (kN/m)	β_{eff}	T_{eff} (s)
RRS228	0.46	20461.39	0.11	2.70
Agrawal and He (2002)	0.39	21411.07	0.13	2.64

2. TIME HISTORY ANALYSES AND DISCUSSION OF RESULTS

In order to reveal the effectiveness of the decaying sinusoidal pulse model proposed by Agrawal and He (2002) to represent near-fault ground motions in capturing the floor response spectra, the benchmark seismically isolated building described in Section 3 is analyzed by nonlinear time-history analysis method under both a real near-fault ground motion recorded at the RRS228 station during the 1994 Northridge Earthquake and its synthetic counterpart generated using Agrawal and He (2002) pulse model (see Section 2). Nonlinear time history analyses are conducted via 3D-BASIS (Nagarajaiah et al., 1991), which is a computer program developed for three-dimensional time history analyses of buildings equipped with linear and nonlinear isolation systems. It should be noted here that, the results presented herein, in fact, represent the success of the subject pulse model to represent the real ground motion in capturing the peak acceleration, peak velocity and peak displacement responses of SDOF equipment housed inside the benchmark base-isolated building (see Fig. 3).

The acceleration (S_a), velocity (S_v), and displacement (S_d) response spectra obtained as a function of fundamental period of the SDOF equipment (T_n) on the top floor of the benchmark building under both historical RRS228 record and its counterpart Agrawal and He (2002) pulse model are presented in Figs. 4a, 4b, and 4c, respectively in a comparative fashion. For base floor, they are presented in Figs. 4d, 4e, and 4f, respectively. As seen in these figures, all floor response spectra obtained for both floors under RRS228 record and Agrawal and He (2002) pulse model follow similar trends at the same period ranges. That is, for both base and top floors, the

response spectra (S_a, S_v, and S_d) obtained for the RRS228 record and the Agrawal and He (2002) pulse model exhibit noteworthy differences at the period range higher than about 1.5 s, whereas they are closer to each other at the period range lower than about 1.5s. The similarities and differences between the floor displacement, velocity and acceleration spectra obtained for the real and counterpart synthetic pulse records are evaluated using the error rate formulation given in Eq. (4.1) and presented in the form of comparative graphs given in Fig. 5.

$$Error\ rate(\%) = \left(Spectrum_{Agrawal\ and\ He(2002)} - Spectrum_{RRS228}\right) / Spectrum_{RRS228} \times 100 \qquad (4.1)$$

It is observed from the error rates calculated for the peak acceleration responses of the SDOF equipment (Fig. 5a) that the differences between the S_a values obtained for the real and the synthetic pulse records are in the range of about 7% ~ 14% on both top and base floors at the lower period range of $T_n \leq 1.5$s, while they are about 38% ~ 49% on both top and base floors at the higher period range of T_n >1.5 s. For the peak velocity responses of the SDOF equipment (i.e. for S_v), the subject error range is 2% ~ 30% and 40% ~ 49% on both top and base floor at the lower period range of $T_n \leq 1.5$s and the higher period range of $T_n > 1.5$ s, respectively. Moreover, the error rates for the peak displacement responses of the SDOF equipment (i.e. for S_d) on both floors are almost the same with the corresponding ones calculated for S_a at both the lower ($T_n \leq 1.5$s) and relatively higher period ranges (T_n > 1.5 s).

On the other hand, it is seen from Fig. 2 that the spectral response plots for the recorded and the generated spectra of RRS228 (ground level) appear to be much closer to each other when compared to floor response spectra plots obtained for the same records on both top and base floors given in Fig 4. All three ground response spectra of the sinusoidal pulse model match well to those of the real ground motion (Fig. 2), except for S_a at the period range lower than about 1.0s (Fig. 2a) and S_d at the period range higher than about 1.0s (Fig. 2c). The abovementioned differences seen between the acceleration spectra for the lower period range occur due to the fact that Agrawal and He (2002) pulse model excludes low period (high frequency) components of the real ground motion records (He and Agrawal, 2008).

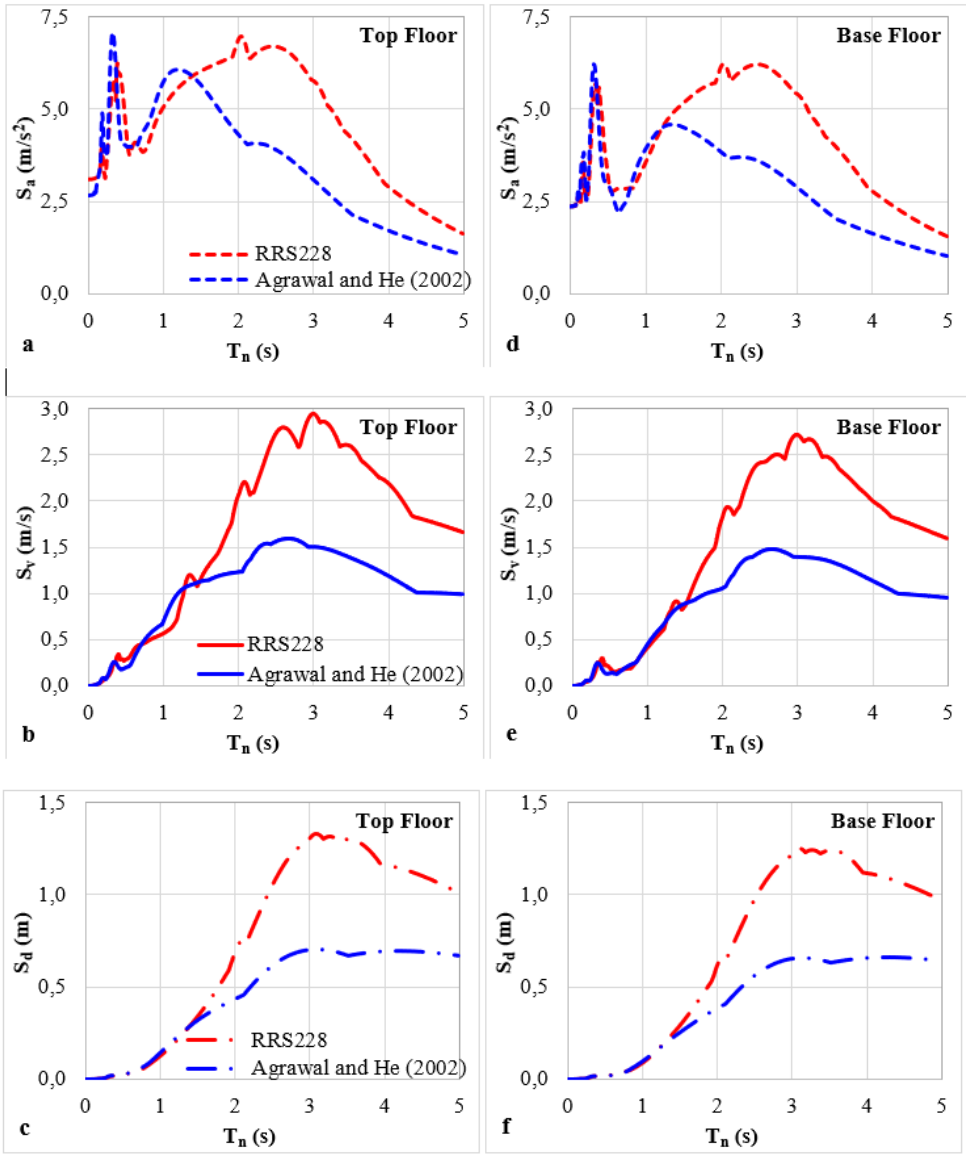


Figure 4. Comparison of 5% damped floor response spectra (top and base floors).

When it comes to the error rates for recorded and generated ground spectra for RRS228, it is seen from Fig. 6 that the differences between S_a values obtained for the real and the synthetic pulse records are in the range of about 4% ~ 19% at the lower period range of $T_n \leq 1.5$s, while they are in the range of about 12% ~ 28% at the

higher period range of $T_n > 1.5$ s. In addition, the differences between S_v values obtained for the real and the synthetic pulse records are in the range of about 1% ~ 16% at the lower period range of $T_n \leq 1.5$s, while they are in the range of about 5% ~ 20% at the higher period range of $T_n > 1.5$ s. Similar to the floor response spectra, the error rates calculated for S_d values obtained for the real and the synthetic pulse records are almost the same with the corresponding ones calculated for S_a values at both the lower ($T_n \leq 1.5$s) and relatively higher ($T_n > 1.5$ s) period ranges. Although some error rates may seem high, it should be noted that the numerical differences between the recorded and generated spectral values are small and may be considered as insignificant for some periods. In order to clarify this issue, recorded and generated %5 damped spectral values for the top and base floors and the ground level are also provided in Table 5.1.

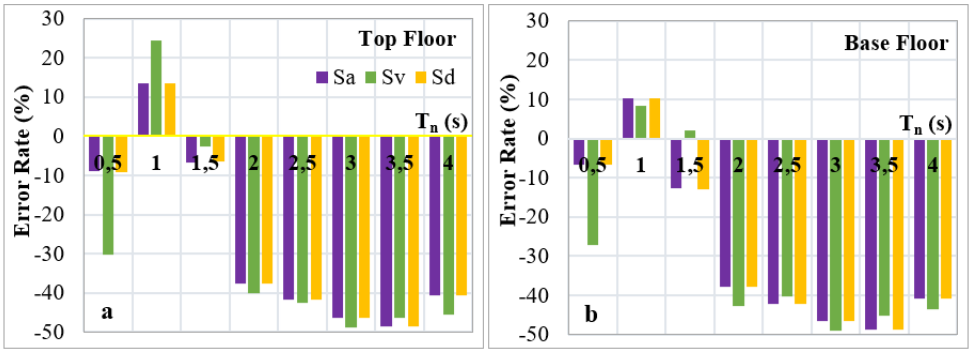


Figure 5. Error rates for 5% damped floor spectra (top and base floors).

Table 5.1. Spectral values (%5 damped) for the top floor, the base floor, and the ground

	Period	Top Floor		Base Floor		Ground	
	(s)	RRS22	Agrawal and	RRS22	Agrawal and	RRS22	Agrawal and
S_a (m/s^2)	**0.5**	4.376	3.990	3.168	2.950	17.399	20.686
	1.0	5.062	5.746	3.559	3.929	17.991	20.723
	1.5	6.032	5.641	5.165	4.508	9.877	9.515
	2.0	6.895	4.299	6.158	3.838	5.636	5.009
	2.5	6.687	3.895	6.207	3.592	3.439	2.636
	3.0	5.762	3.087	5.414	2.898	2.609	1.880
	3.5	4.219	2.171	4.022	2.065	1.960	1.452
	4.0	2.890	1.718	2.777	1.641	1.484	1.154
	Period	**Top Floor**		**Base Floor**		**Ground**	
	(s)	**RRS22**	**Agrawal and**	**RRS22**	**Agrawal and**	**RRS22**	**Agrawal and**
S_v (m/s)	**0.5**	0.286	0.200	0.187	0.136	1.066	1.237
	1.0	0.567	0.706	0.417	0.452	2.987	3.250
	1.5	1.165	1.135	0.869	0.887	2.600	2.590
	2.0	2.064	1.236	1.836	1.052	2.390	2.121
	2.5	2.730	1.569	2.416	1.440	2.098	1.874
	3.0	2.941	1.508	2.718	1.389	1.737	1.663
	3.5	2.587	1.389	2.412	1.322	1.779	1.498
	4.0	2.188	1.193	2.003	1.131	1.824	1.465
	Period	**Top Floor**		**Base Floor**		**Ground**	
	(s)	**RRS22**	**Agrawal and**	**RRS22**	**Agrawal and**	**RRS22**	**Agrawal and**
S_d (m)	**0.5**	0.028	0.025	0.020	0.019	0.110	0.131
	1.0	0.128	0.145	0.090	0.099	0.453	0.522
	1.5	0.343	0.320	0.293	0.256	0.559	0.539
	2.0	0.696	0.434	0.621	0.387	0.568	0.503
	2.5	1.054	0.614	0.978	0.566	0.536	0.413
	3.0	1.306	0.700	1.227	0.657	0.584	0.419
	3.5	1.302	0.670	1.241	0.637	0.595	0.437
	4.0	1.164	0.691	1.118	0.661	0.590	0.451

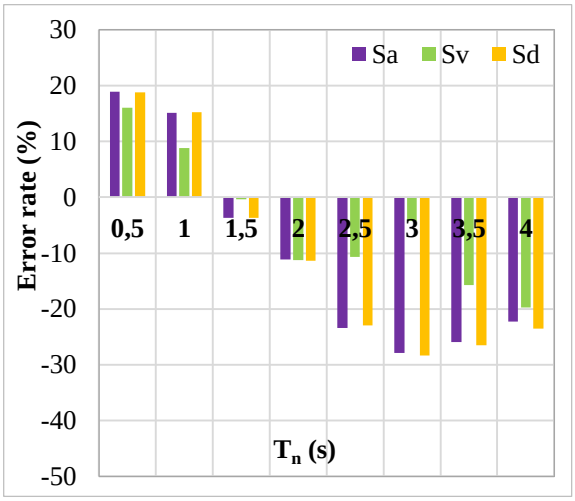


Figure 6. Error rates for 5% damped spectra for recorded and generated RRS228 (ground).

3. CONCLUSIONS

Pulses with high velocities can be seen in ground motions in near-fault areas during earthquakes. Due to the small number of actual near-fault ground motion records, such motions are represented by equivalent pulse models and produced synthetically. In this study, the success of Agrawal and He (2002) decaying sinusoidal pulse model to represent near-fault ground motions in capturing the floor response spectra is investigated in the context of a benchmark six-story (including base floor) seismically isolated building.

Nonlinear time history analyses are carried out under both the RRS228 component of the 1994 Northridge Earthquake and the equivalent pulse model representing this record. In order to reveal the effectiveness of the pulse model, the acceleration (S_a), velocity (S_v), and displacement (S_d) response spectra are obtained as a function of fundamental period of a SDOF equipment (T_n) located on the top and base floor of the benchmark building under both RRS228 record and its counterpart pulse model. Comparison of these floor spectra showed that:

1. For both base and top floors, S_a, S_v, and S_d obtained for the RRS228 record and the Agrawal and He (2002) pulse model exhibit noteworthy differences at the period range higher than about 1.5 s, whereas they are closer to each other at the period range lower than about 1.5s.

2. It is observed from the error rates calculated for S_a and S_d values obtained for the real and the synthetic pulse records are in the range of about 7% ~ 14% on both floors at the lower period range of $T_n \leq 1.5$s, while they are about 38% ~ 49% at the higher period range of $T_n \geq 2.0$ s. For S_v, the subject error range is 2% ~ 30% and 40% ~ 49% for the aforementioned period ranges, respectively.

3. The spectral response plots for the recorded and the generated spectra of RRS228 (ground level) appear to be much closer to each other when compared to floor response spectra plots obtained for the same records on both top and base floors.

4. Although some error rates may seem high, it should be noted that the numerical differences between the recorded and generated spectral values are small. Furthermore, the pulse model is not expected to simulate all the details of the real record, rather, it is expected to give some acceptable ballpark values for it to be considered as a viable synthetic record to be used in lieu of real records for examining floor spectra and thus seismic behavior of contents of seismically isolated buildings that can be modeled as SDOF systems.

In the context of future studies, other aspects, including different isolation system properties, different earthquake records, and different pulse models can be taken into account.

REFERENCES

AGRAWAL, A.K., HE, W.L. (2002). "A Closed Form Approximation Of Near Fault Ground Motion Pulses For Flexible Structures", 15th ASCE Proceeding of Engineering Mechanics Conference, 3 June, Columbia University, New York.

ALHAN, C., GAZI, H., KURTULUŞ, H. (2016). "Significance of Stiffening of High Damping Rubber Bearings On the Response of Base-Isolated Buildings Under Near-Fault Earthquakes", Mechanical Systems and Signal Processing, 79, 297-313.

ALHAN, C., HISMAN, K. (2016). "Seismic Isolation Performance Sensitivity to Potential Deviations from Design Values", Smart Structures and Systems, 18, 293-315.

BRAY, J.D., MAREK, A.R. (2004). “Characterization of Forward-Directivity Ground Motions in The Near-Fault Region”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, 815–828.

CARDONE, D., PERRONE, G. (2012). “Critical Load of Slender Elastomeric Seismic Isolators: An Experimental Perspective”, Engineering Structures, 40, 198–204.

CSI (2011). “SAP2000, Structural Analysis Program: Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structures - V15.1” USA: Computers. and Structures, Inc.

DATTA, T.K. (2010). Seismic Analysis of Structures, John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd., Singapore, ISBN: 978-0-470-82461-0.

GAZI, H., ALHAN, C. (2018). “Probabilistic Sensitivity of Base-Isolated Buildings to Uncertainties”, Smart Structures and Systems, 22, 441-457.

GAZI H., ALHAN, C. (2019). “Reliability of elastomeric-isolated buildings under historical earthquakes with/without forward-directivity effects", Engineering Structures, 195, 490-507.

GAZI, H., ÖNCÜ-DAVAS, S., ALHAN, C. (2015). "Comparison of Ground Motion Pulse Models for The Acceleration Response of Seismically Isolated Buildings" in Urban Planning and Civil Engineering, Sisiopiku V.P., Ramadan O. E., Eds., Athens Institute for Education and Research, 321-332.

HE, W.L., AGRAWAL, A.K. (2008). “An Analytical Model of Ground Motion Pulses for The Design and Assessment of Smart Protective Systems”, ASCE Journal of Structural Engineering, 134 (7), 1177-1188.

KANBIR, Z., GAZI H., ÖNCÜ-DAVAS, S., ALHAN, C. (2018). “Use of Synthetic Pulse Models for Assessing Near-Fault Earthquake Behavior of Base-Isolated Buildings Considering Lead Core Heating”, International Conference on “Natural Hazards and Risks in a Changing World”, Postdam, Germany, 4-5 October.

KANBIR, Z., ÖNCÜ-DAVAS, S., GAZI, H., ALHAN, C. (2019). “Effectiveness of a Cycloidal Pulse Model for Evaluating Isolation Systems of Buildings with LRBs Considering Heating Effects”, 3rd International Conference on Engineering Technology and Innovation (ICETI), Belgrad, Serbia, 17-21 April.

LU, L.Y., LIN, G.L., KUO, T.C. (2008). “Stiffness Controllable Isolation System for Near-Fault Seismic Isolation”, Engineering Structures, 30(3), 747-765.

MAKRIS, N. (1997). “Rigidity, Plasticity, Viscosity: Can Electrorheological Dampers Protect Base Isolated Structures from Near Source Ground Motions?”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 26, 571-591.

MAKRIS, N., CHANG, S. (2000). “Effect of Viscous, Viscoplastic and Friction Damping On the Response of Seismic Isolated Structures”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 29, 85-107.

MAZZA, F., VULCANO, A. (2009). “Nonlinear Response of RC Framed Buildings with Isolation and Supplemental Damping at the Base Subjected to Near-Fault Earthquakes”, Journal of Earthquake Engineering, 13(5), 690-715.

MENUN, C., FU, Q. (2002). “An Analytical Model for Near-Fault Ground Motions and The Response of SDOF Systems”, Proceedings of the 7th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, 21-25 July, Boston, Massachusetts.

MONTUORI, G.M., MELE, E., MARRAZZO, G., BRANDONISIO, G., DE LUCA, A. (2016). “Stability Issues and Pressure-Shear Interaction in Elastomeric Bearings: The Primary Role of the Secondary Shape Factor”, Bull Earthq Eng., 14(2), 569-597.

NAGARAJAIAH, S., REINHORN, A.M., CONSTANTINOU, M.C. (1991). 3D-BASIS, Nonlinear Dynamic Analysis of Three-Dimensional Base Isolated Structures, Part II. Technical Report NCEER-91-0005, National Center for Earthquake Engineering, State University Of New York At Buffalo.

NAEIM, F., KELLY, J.M. (1999). Design of Seismic Isolated Structures from Theory to Practice. Mechanical Characteristics and Modeling of Isolators, Wiley, New York, 93–121.

ÖNCÜ-DAVAS, S., ALHAN, C. (2019). “Reliability of Semi-Active Seismic Isolation Under Near-Fault Earthquakes”, Mechanical Systems and Signal Processing, 114,146-164.

ÖNCÜ-DAVAS, S., ALHAN, C. (2019). “Probabilistic Behavior of Semi-Active Isolated Buildings Under Pulse-Like Earthquakes”, Smart Structures and Systems, 23(3), 227-242.

ÖNCÜ-DAVAS, S., GAZI, H., ALHAN, C. (2015), "Comparison of Ground Motion Pulse Models for the Acceleration Response of Seismically Isolated Buildings" in Architecture Anthology I: Architectural Construction, Materials and Building Technologies, Khatip, J.M., Eds., Athens Institute for Education and Research, 229-240.

ÖNCÜ DAVAS, S., GAZI, H., GÜLER, E., ALHAN, C. (2018). "Comparison of Ground Motion Pulse Models for the Seismic Response of Seismically Isolated Liquid Storage Tanks" in: Earthquake Engineering and Structural Dynamics in Memory of Ragnar Sigbjörnsson, Rupakhety R., Ólafsson S., Eds., Springer, Cham, 143-157.

PEER (2005). Pacific Earthquake Engineering Resource Center: NGA Database. Berkeley, University of California. http://peer.berkeley.edu/nga/ [3 January 2013].

SARĞIN, S., GAZI, H., ALHAN, C., ÖZTOPRAK, S. (2017). "Effect of Soil Amplification on the Response of Base-Isolated Buildings under Near-Fault Earthquakes", 2nd International Conference on Structural Engineering, New Technology and Methods (ICSENM'17), Barselona, ISPANYA, 2-4 April.

4. ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by Scientific Research Projects Coordination Unit of Istanbul University-Cerrahpaşa. Project number: BYP-2019-33363

ULAŞIM SİSTEMLERİNİN YAŞAM ALANI TERCİHİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Assoc. Prof. Ilgın GÖKAŞAR
Boğaziçi Üniversitesi

Dr. Onur ŞAHIN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Ali Atilla ARISOY
Boğaziçi Üniversitesi

ÖZET: Ulaştırma sistemlerinin, çevresindeki bölgeler üzerindeki etkileri uzun zamandır araştırılan bir konudur. Bunun temel sebeplerinden birisi ise şehir nüfusunun hızlı artışı sebebiyle yeni bölgeler kurulması ya da mevcut yerleşim alanlarında artan nüfusa bağlı olarak yeni ulaştırma sistemlerine talebin artmış olmasıdır. Ulaştırma sistemlerinin civar yerleşkeler üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve analizleri, planlanan projelerin uygulanması doğrultusunda ilgili devlet kurumlarına rehberlik sağlanması açısından önem teşkil etmektedir. Bu çalışmada, emlakların metrobüs hattı üzerindeki en yakın duraklara olan mesafelerinin ve bulundukları mahallenin bilgileri kullanılarak, emlak fiyatlarını tahmin etmeye çalışan bir model kurulmuştur. Lineer regresyon ve rastgele orman algoritması (ROA) yöntemleri kullanılarak oluşturulan modellerin performansları karşılaştırılmıştır. Toplu taşımaya yaklaştıkça fiyatın artması analiz öncesi beklenen bir durumdur. Ancak, analiz öncesi yapılan korelasyon testinin sonucunda bu beklentinin tam tersi bir sonuç elde edilmiştir. Bu durum emlak fiyatlarının toplu taşımaya olan mesafesi dışında başka etkenlerin de mevcut olduğunu desteklemektedir. Emlak fiyatları ve bunların metrobüs duraklarına olan mesafelerin arasında zayıf ve lineer olmayan bir ilişki olmasından dolayı, lineer regresyon modeli ele alınan en uzak mesafe arttıkça daha zayıf performans göstermeye başlamıştır. ROA kullanılarak oluşturulan model ise daha düzensiz bir performans göstermektedir. En fazla metrobüs duraklarından 2000 metre uzakta olan emlak fiyatları incelendiğinde en iyi performansı, 2900 metre uzakta olan emlak fiyatlarını incelediğinde en zayıf performansı göstermiştir. Gelecek çalışmalarda ROA gibi farklı veri madenciliği yöntemleri (Destekçi Vektör Regresyon modellemesi, Gradyan Artırma vb.) ve daha detaylı veri setleri kullanılarak modeller oluşturulması hedeflenmektedir.

Anahtar sözcükler: Veri madenciliği modellemesi, Toplu taşımanın konut fiyatları üzerindeki etkisi.

Investigation of the Effects of Transportation Systems on the Preferences for Living Spaces

ABSTRACT: The effects of transportation systems on its vicinity has been a popular investigation topic. The main reason behind that popularity is that the population of cities have been increased rapidly and caused a need for either new living spaces or new transportation systems. The analysis of the effects of new transportation projects in the vicinity is important for guiding to the policy makers at implementation of proper transportation systems. In this study a model which predict the real estate prices is established by using the direct distances of real estate properties to the closest BRT stations and the neighborhood characteristics. The performances of the established models are compared by using linear regression and random forest algorithm (RFA). The closer real estate properties to the BRT stations are expected to have higher prices. However, the correlation test performed before the analysis have shown a directly opposite result from the expectations. This output supports the existence of other external factor that might have an effect on the real estate prices rather than the direct distances to the BRT stations. Due to the prices of the real estate properties and their direct distances to the BRT stations have a weak and nonlinear relationship, as the direct distance between the real estate property and the closest BRT station increases the performance of the linear regression model decreases. On the other hand, the model that is created by RFA shows a more irregular performance. When the dataset is limited to a real estates that are at most 2000 meters away from the closest BRT line, RFA shows its best performance at predictions, however when the dataset is limited to real estates that are at most 2900 meters away from the closest BRT station, the RFA model shows its worst performance at predictions. In future studies, different types of data mining methods (Support Vector Regression, SVR; Gradient Boosting, GB; etc.) and more detailed datasets will be used in order to establish the predictive models.

Keywords: Data mining modelling, Effect of public transport on property prices

1. INTRODUCTION

The effects of transportation systems on its vicinity has been an interesting topic for researchers for many years and it is expected to keep its popularity in the future. One of the main reasons for that is establishment of new counties or the increase in the demand for public transportation systems in existing counties due to rapid increase in the population. Hereby, introduction of new transportation systems to the cities increases the necessity to investigation of the effects of the transportation systems on its vicinity. These investigations and the results obtained from the analyses

are important for guiding to the policy makers for dealing with negative effects and implementation of new projects. There are lots of studies in the literature focusing on the relationship between transportation systems and property prices (Munoz-Raskin 2010, An et al. 2010, Pagliara & Papa, 2011, Dubeé et al. 2013, Seo et al. 2014, Eggermond et al. 2015, Mulley et al. 2016, Yang et al., 2016, Wagner et al. 2017, Pilgram & West, 2018).

It is not possible to transfer the outputs of this study to other studies directly due to its locality. However, a comprehensive review of the literature has revealed that there is a direct and statistically important relationship between the transportation systems and the property prices (Ryan 1999, Debrezzion et al. 2006, Mohammad et al. 2013). In some studies it is observed that proximity to transportation systems has a negative effect on the property prices (Efytmiou et al. 2013, Pagliara & Papa, 2011, Bohman & Nilsson 2016, Beimer & Maenning, 2017). On the other hand, some studies revealed that the proximity to transportation systems have increased the prices of the properties (Rodriguez & Targa 2003, Hess & Almeida 2007, Martinez & Vegas 2009, Seo et al. 2014, Yang et al. 2016, Mulley et al. 2016, Paul & Cohen 2017, Dziauddin 2019). Additionally, in some regions depending upon the distance between the transportation systems and the properties, the effects might change. Therefore, a zone is generally defined and analyses are performed within those zones (Munoz-Raskin 2010, Eggermond et al. 2015, and Mulley et al. 2016). This zone is termed as catchment area in most of the studies and this catchment area varies between 400m - 3000m in different studies. Since the properties are spread over a large geographical zone and possibility to obtain a large Number of data point in a single region, the beneficial part of the dataset on which the expected effects can be observed, should be determined. It is possible to set a predictive model for the property prices by using the desired variables in a simple linear regression. However, when the relationship is not strongly linear, it is better to utilize different adaptive techniques. Random Forest Algorithm (RFA) creates a decision tree (Breiman, 1984) and prevents the overfitting problem (Friedman et al., 2008, Breiman et al., 2001). It is both possible to create classification models (Castro et al., 2018) and regression models (Wang et al., 2018) using RFA. RFA is collective learning tool and it tolerates the inconsistent outputs of decision tree models and extreme learning problem (Breiman, 1994). One example of the usage of RFA is the study of Uriarte & Andrés (2006) about genetic selection classification. Additionally, Culter et al. (2007) studied the classification of plants in ecology, Sun et al. (2016) studied solar radiation in different regions. RFA technique can be used in many different areas and it performs better than any other popular machine learning tools (decision tree models, support vector machine etc.)

In this study, it is aimed to set a model which predicts the property prices. The relative distances of the properties to the closest BRT stations and the neighborhood information are used for analyses. The models are predicted by linear regression and RFA methods and then the performances of the models are compared. The increase in the property prices as the distance to the stations decrease is an expected output. Different values for the maximum distances between the property prices and the BRT stations are used for setting various models and then the performances of the models are predicting the prices of the properties are compared.

2.METHODOLOGY and THEORY

2.1. Linear Regression Models

Linear regression model is a simple and applicable method which is very commonly used for analyzing the effect of one or mode independent variable on dependent variable. A general form of linear regression model is as follows:

$$Y_i = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \varepsilon_i \qquad (1)$$

Where, Y_i is the dependent variable, α and β are Constant coefficients of the Variables and ε_i refers to the error term. In this method main purpose is defining the relationship between X and Y by using the coefficients. F and t tests help to check whether the model and the coefficients are statistically meaningful or not. Similarly , it is possible to analyze the relationship between the dependent variable and independent variables when more than one independent variable is used. It is possible to use categorical and numerical variables in this method (Moutinho ve Hutcheson, 2011). In this study, this method is preferred due to its simplicity and ease of understanding.

2.2. Random Forest Algorithm

Random forest algorithm generates multiple decision trees while applying regression. Each of these decision trees present their prediction results by using a different subset of the original data set. The average value of these predicted values will be the final prediction of the random forest algorithm. As a rule of thumb 70% of the dataset is used as training the model whereas the remaining 30% is used for testing the generated model. The random forest algorithm generates multiple subsets and

generated multiple decision tree models by using each of these subsets. By doing so the problem of overfitting and distortions due to outliers can be prevented (Breiman et. al. 2001). Figure 1 shows how the final model is constructed by using this algorithm.

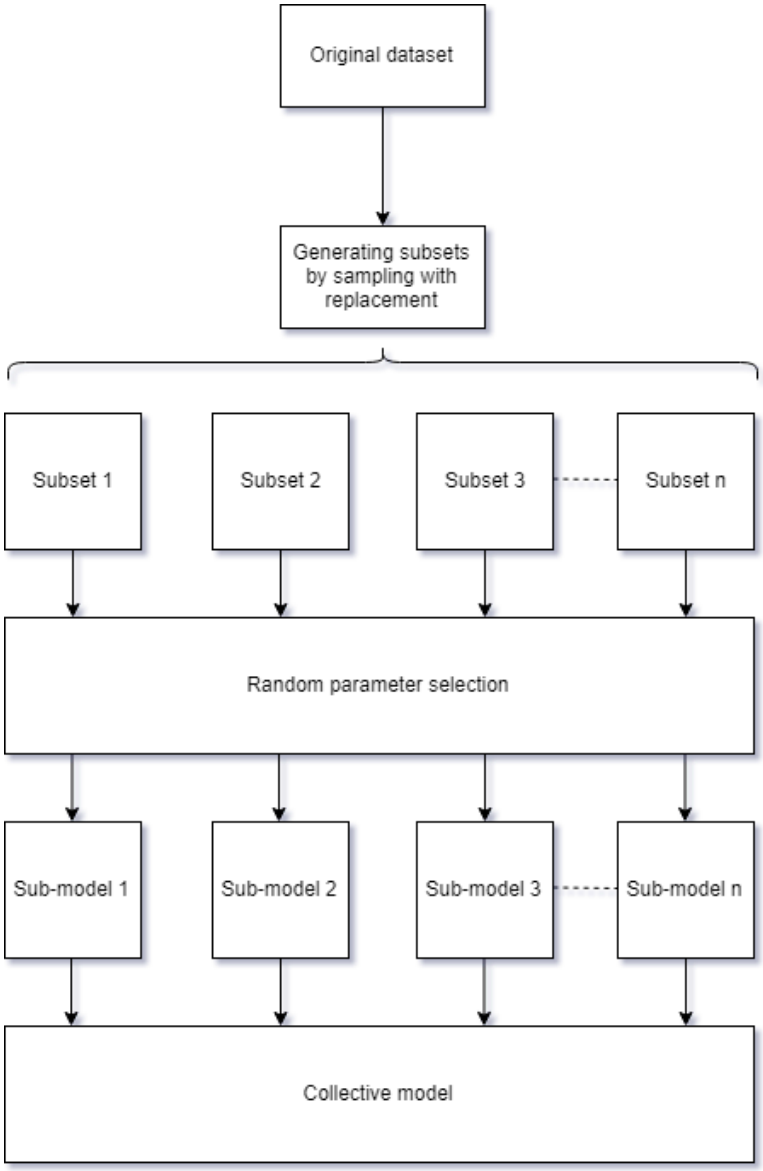


Figure 1. The process of generating a random forest model.

The original dataset is divided into 2 subsets based on a pre-determined rule: training and testing dataset. Afterwards *n* subsets are generated by sampling with replacement from the training dataset. Using each of these subsets and selecting random parameters *n* many models are generated. Due to the fact that the problem here is a regression problem, the average value of the provided results from each of these models will be the final answer of the random forest algorithm. In cases of classification, the class that the majority of the models decide on will be accepted as the final result of the random forest algorithm.

3. ANALYSIS

3.1. Descriptive Properties of the Real-Estate Dataset

For constructing this real-estate dataset, multiple real-estate agencies in the Beylikdüzü region have been visited. Accurate price and location information about the real-estates were collected. Bird flight distance between the location of the real estate and the closest metrobus station were calculated. The goal is to develop a model which can estimate the cost of the real estates, using the neighborhood information and the real-estate and metrobus station distance. The most expensive and economical houses cost 4,650,000TL and 18,000TL respectively. In addition, the shortest and longest distances between the houses and metrobus stations are 47,70 meters and 5527,54 meters (Figure 2).

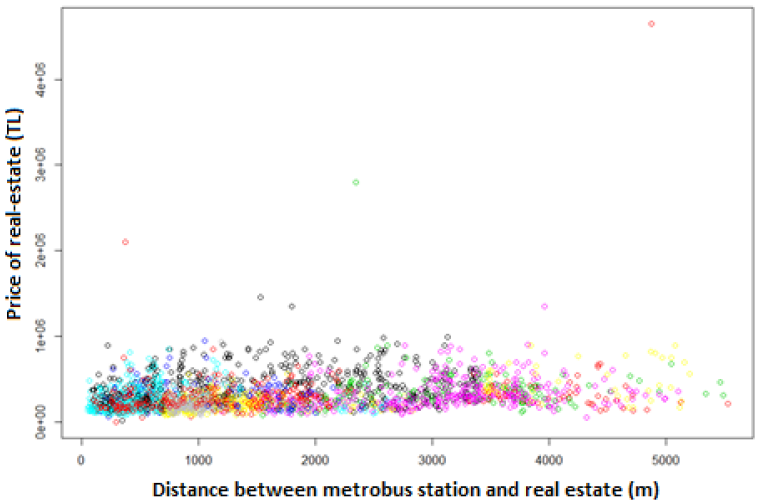


Figure 2. The price of real estates for different distances between metrobus stations and real estates (different colors stand for different neighborhoods).

By using linear regression and random forest algorithm, these models will be generated. By changing the maximum distance between the real estates and the metrobus stations, the performances of the models will be evaluated for different subsets of datasets. 32 different models will be developed. The models will consider distances between 1500 meters and 3000 meters with increments of 100 meters. Before developing the models, a correlation analysis was conducted (Figure 3). It can be observed that the correlation between the distance between real estate and metrobus station and the real estate price is always positive. In an ordinary scenario, the expectation is that as the distance between the public transportation system decreases, the cost of the real estate increases. This result shows that there are other factors that do influence this relation. In addition, the fact that the correlation values do not change monotonously supports this outcome.

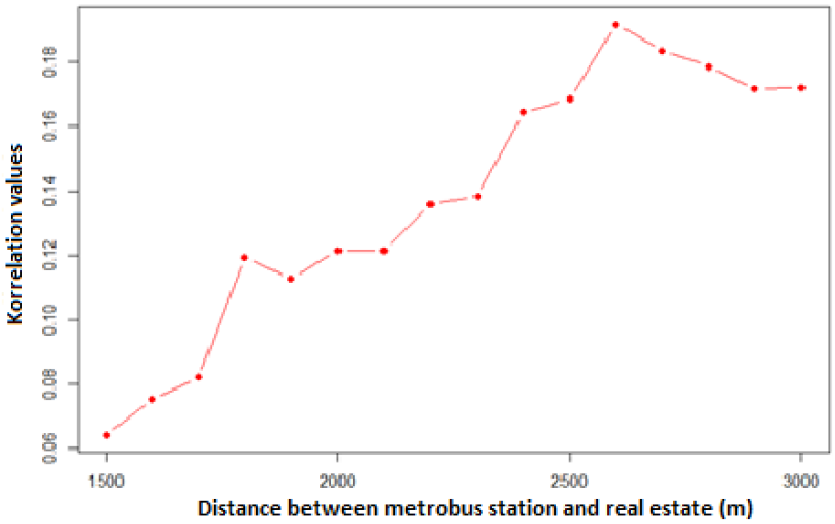


Figure 3. The correlation values for distances between BRT stations and real estate locations

3.2. Linear Regression Models

The performance of the linear regression models which considers different maximum values between the real-estate and the metrobus can be observed in Table 1. Root mean square error (RMSE) was considered in order to compare the performances of the models. The best model was developed, when only real-estates that are 1500 meters away from a metrobus station were considered. As this distance increases, the error values also increased in a non-monotous manner. As this distance

increases, real estates from different neighborhoods are coming into consideration, which makes this outcome expected.

Table 1. Performance of the linear regression models in different scenarios.

Maximum distance that is considered (meters)	Number of real estates considered in the scenario	RMSE (TL)
1.500	1.363	130.689,50
1.600	1.426	131.783,00
1.700	1.467	131.756,70
1.800	1.520	133.337,30
1.900	1.575	132.788,90
2.000	1.633	132.059,90
2.100	1.663	131.988,90
2.200	1.696	132.355,70
2.300	1.732	131.962,90
2.400	1.770	142.816,10
2.500	1.799	142.597,30
2.600	1.834	142.885,70
2.700	1.861	142.614,70
2.800	1.896	143.589,30
2.900	1.937	144.822,90
3.000	1.961	144.954,20

3.3. Random Forest Models

The performance of the random forest models which considers different maximum values between the real-estate and the metrobus can be observed in Table 2. With this algorithm the best model based on the explained variance values, is the

model generated when the maximum distance between real-estate and metrobus station is 2600 meters. However, when RMSE values are considered the model generated when the maximum distance between real-estate and metrobus station is 2000 meters is the best performing model. By using random forest algorithm, the probability of predicting extreme values decreases due to the fact that the algorithm generates multiple subsets of the original dataset. The impact of outliers has also been decreased due to the same reason. The fact that the dataset contains only a few parameters, makes the model that was developed by using random forest algorithm more successful than the linear regression model. However, in order for the developed model to reach its full potential a more detailed dataset must be generated.

Table 2 Performance of the random forest models in different scenarios.

Maximum distance that is considered (meters)	Number of real estates considered in the scenario	Explained variance (%)	RMSE of the Subsets (TL)	RMSE (TL)
1.500	1.363	24,25964	1,748E+10	133442.30
1.600	1.426	22,18026	1,903E+10	125092.80
1.700	1.467	23,36563	1,895E+10	122196.90
1.800	1.520	25,27821	1,947E+10	122645.60
1.900	1.575	31,39475	1,574E+10	151653.80
2.000	1.633	27,53488	1,972E+10	113210.90
2.100	1.663	28,67385	1,828E+10	130574.00
2.200	1.696	28,74521	1,816E+10	128322.90
2.300	1.732	28,18653	1,855E+10	124809.60
2.400	1.770	26,69756	2,307E+10	131473.20
2.500	1.799	28,94535	2,078E+10	145708.00
2.600	1.834	36,27117	1,891E+10	162668.30
2.700	1.861	33,28349	1,950E+10	156014.40
2.800	1.896	30,70877	1,949E+10	160912.10
2.900	1.937	32,14971	1,844E+10	168800.20
3.000	1.961	29,69892	2,311E+10	124258.80

Unlike the linear regression model, the performance of the random forest model changes irregularly as the maximum distance between real estate and metrobus station changes. This result indicates that there are other factors that influence the real estate prices besides these distances and the neighborhood. The linear regression model cannot capture this influence and therefore, its error values increase in an ordinary fashion as the maximum considered distance increases. The performance of the models by using linear regression and random forest algorithm are shown in Figure 4.

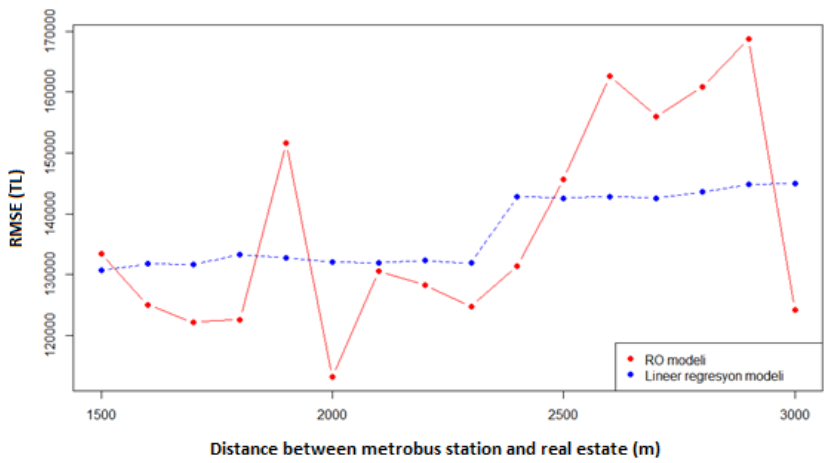


Figure 4. The RMSE values for distances between BRT stations and real estate locations

4. CONCLUSION

In this study, a model was developed which estimated prices of real estates using the distance between the real-estate and the metrobus station and the neighborhood that the real estate is located. Linear regression and random forest models were selected and their performances were compared. The expectation was that as the distance between the real-estate and the metrobus station decreased the price of the real-estate would increase. However, the correlation analysis that was conducted before developing the model, showed that the real scenario was different. For cases where different distances were considered, the results did not change. This outcome shows that there are other influences that have an impact on the price of the real estate. The correlation analysis showed that there is a very weak and non-linear relationship between the real estate price and the distance to metrobus stations. Therefore, the

linear regression model's error increases as the considered maximum distance increases. The performance of the random forest model was more irregular. The best and worst performance of the random forest model was displayed when the maximum considered distance was 2000 meters and 2900 meters respectively. In Beylikdüzü, as the one moves away from the Metrobus stations, they come closer to the Marmara Sea and the TEM Highway. The fact that the prices of houses close to the sea and the houses being located in building estates next to the TEM Highway, can be the reason of these outcomes. Even though these information are not specified in the dataset, the performance of the random forest model shows that the random forest algorithm is more suited to reflect the influence of the factors that are not present in the original dataset. Instead of using simple linear regression models, by using random forest algorithm and a more detailed dataset, better models can be developed and the importance of multiple parameters on a pre-determined dependent variable can be sorted. This will show that which variables are more important in different scenarios. Future studies will include analysis that will make use of a more detailed dataset and other data mining methods such as support vector machines and gradient boosting.

REFERENCES

An, Y., Qiu, G. and Liu, L. (2010) A Study of Real Estate Prices in Jilin Province. Chinese Economy, 43(2), pp. 53–63.

Breiman, L. (1994) Heuristics of instability in model selection. Technique Report. Statistics Department. University of California at Berkeley.

Breiman, Leo; Friedman, J. H.; Olshen, R. A.; Stone, C. J. (1984). Classification and regression trees. Monterey, CA: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software. ISBN 978-0-412-04841-8.

Cohen, J. P. and Brown M. (2017) Does A New Rail Rapid Transit Line Announcement Affect Various Commercial Property Prices Differently? Regional Science and Urban Economics, 66, pp. 74–90.

Cutler, D. R., Edwards Jr, T. C., Beard, K. H., Cutler, A., Hess, K. T., Gibson, J., and Lawler, J. J. (2007). Random forests for classification in ecology. Ecology, 88(11), pp. 2783-2792.

Debrezion, G., Pels, E. and Rietveld, P. (2007) The Impact of Railway Stations on Residential and Commercial Property Value: A Meta-Analysis. The Journal of Real Estate Finance and Economics, (35), pp. 161–180.

Díaz-Uriarte, R. and De Andres, S. A. (2006) Gene selection and classification of microarray data using random forest. BMC bioinformatics, 7(1), pp. 3.

Dubée, J., Théeriault, M. and Des Rosiers, F. (2013) Commuter Rail Accessibility and House Values: The Case of The Montreal South Shore, Canada, 1992-2009. Transp. Res. Part A: Policy Pract, (54), pp. 49–66.

Eggermond, V. A. M., Lehner, M. B. and Erath, A. (2015) Modelling Hedonic Prices in Singapore. Institute for Transport Planning and Systems, ETH Zurich, Switzerland.

Friedman, J., Hastie, T. and Tibshirani, R. (2001) The elements of statistical learning. Springer series in statistics, New York, U.S.

Hess, D. and Almeida, T. (2007) Impact of Proximity to Light Rail Rapid Transit on Station-Area Property Values in Buffalo, New York, Urban Studies, 44, pp. 1041–1068.

Hutcheson, G. D. (2011) Ordinary Least-Squares Regression. In: Moutinho, L. and Hutcheson, G.D., The SAGE Dictionary of Quantitative Management Research, SAGE Publications, Thousand Oaks, pp. 224-228.

Martinez L. and Viegas J. (2008) Effects of Transportation Accessibility on Residential Property Values: A Hedonic Price Model in The Lisbon Metropolitan Area. In: Proceedings of the 88th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D.C, United States.

Mohammad, S. I., Graham, D. J., Melo, P. C. and Anderson, R. J. (2013) A Meta-Analysis of The Impact of Rail Projects on Land and Property Values. Transportation Research Part A: Policy and Practice (50), pp. 158–170.

Moutinho, L. and Hutcheson, G. D. (2011) The SAGE dictionary of quantitative management research. Sage Publications.

Mulley, C., Ma, L., Clifton, G., Yen B. and Burke M. (2016) Residential Property Value Impacts of Proximity to Transport Infrastructure: An Investigation of Bus Rapid Transit and Heavy Rail Networks in Brisbane, Australia. Journal of Transport Geography (54), pp. 41–52.

Munoz-Raskin, R. (2010) Walking Accessibility to Bus Rapid Transit: Does it affect property values? The case of Bogota´, Colombia. Thesis, Graduate School of

Architecture, Planning and Preservation, Columbia University, New York, United States.

Pagliara, F. and Papa, E. (2011) Urban rail systems investments: an analysis of the impacts on property values and residents' location. Journal of Transport Geography (19), pp. 200 – 211.

Pilgram, A. C., and West, S. E. (2018) Fading premiums: The effect of light rail on residential property values in Minneapolis. Minnesota Regional Science and Urban Economics (69), pp. 1–10.

Rodriguez, D.A., Targa, F. (2003) Value of Accessibility to Bogota´s Bus Rapid Transit System. Transport Reviews 24(5), pp. 587 – 610.

Ryan, S. (1999) Property values and transportation facilities: finding the transportation–land use connection. Journal of Planning Literature, (13), pp. 412–427.

Seo, K., Golub, A. and Kuby, M. (2014) Combined impacts of highways and light rail transit on residential property values: a spatial hedonic price model for Phoenix, Arizona. Journal of Transport Geography (41), pp: 53–62.

Seo, K., Golub, A., Kuby, M., 2014. Combined Impacts of Highways and Light Rail Transit on Residential Property Values: A Spatial Hedonic Price Model for Phoenix, Arizona. Journal of Transport Geography, 41, pp. 53–62.

Sun, H., Gui, D., Yan, B., Liu, Y., Liao, W., Zhu, Y. and Zhao, N. (2016) Assessing the potential of random forest method for estimating solar radiation using air pollution index. Energy Conversion and Management, (119), pp. 121-129.

Wagner, G., Komarek, T. and Martin, J. (2017) Is the light rail "tide" lifting property values? Evidence from Hampton Roads, VA. Reg. Sci. Urban Econ. (65), pp. 25–37.

Wang, Z., Wang, Y., Zeng, R., Srinivasan, R. S. and Ahrentzen, S. (2018). Random Forest based hourly building energy prediction. Energy and Buildings, (171), pp. 11-25.

Yang. J., Quan, J., Yan, B. and He, C. (2016) Urban rail investment and transit-oriented development in Beijing: Can it reach a higher potential? Transportation Research Part A (89), pp. 140–150.

ALTINŞEHİR (ADIYAMAN) BÖLGESİNİN ZEMİN TAŞIMA GÜCÜ HARİTASI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet SÖYLEMEZ
Adıyaman Üniversitesi

ÖZET: Adıyaman şehir merkezi, Adıyaman üniversitesinin kurulduğu 2006 yılından buyana hızlı nüfus artışı, üniversite kampüsü, oteller ve köprüler gibi inşaat yapıları bakımından sürekli bir gelişim göstermektedir. Bu durum yeni yapılaşma alanlarının oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Yapı tipleri ve konumu ile zemin katmanları ve yeraltı su seviyesi durumu zeminin taşıma gücü kapasitesini etkilemektedirler. Bu çalışmadaki amaç hızla yapılaşan Altınşehir (Adıyaman) semti imara açık alanının zemin taşıma gücü haritasını yapmaktır. Altınşehir (Adıyaman) semtindeki zeminin taşıma gücü verileri özel firmalar tarafından açılan 103 adet sondaj kuyusundan alınmıştır. Çalışmanın akışı; Altınşehir bölgesinin topografik haritasına verilerin toplanması, gruplandırılması, işlenmesi ve çizilmesi yöntemiyle yapılmıştır. Altınşehir bölgesinde, farklı parsellerin sondajlarına dayanan 103 zemin etüt raporu incelenmiş ve bu parsellerin nihai zemin taşıma kapasitesi değerleri dikkate alınmıştır. Sonuçlar, izin verilen nihai taşıma kapasitesi aralığının en düşük 14,5 t / m2 değeri olduğunu ve bu alan için en yüksek değerin 18,9 t / m2 olduğunu göstermektedir. Bu veriler analiz edilerek 1,5 - 4 metre derinlikteki zemin taşıma gücü değerleri sahanın 1/20000 ölçekli topoğrafik haritasına işlenip, NetCad programıyla eş taşıma gücü değerleri birleştirilerek taşıma gücü haritası oluşturulmuştur. Bu haritalar çalışılan tüm alanları kapsar ve kontur çizgileri kullanılarak veri içermeyen alanlar için yaklaşık değerler elde edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Zemin, Taşıma gücü haritası, Adıyaman, Altınşehir

Soil Bearing Capacity Map of Altınşehir (Adıyaman) Province

ABSTRACT: Adıyaman city has been facing a fast population growth and continuous development in constructions such as university complex, hotels and bridges since the establishment of Adıyaman University in 2006. This situation requires the creation of new settlement areas. The type and the location where the stratum hold and ground water level the soil affect its bearing capacity value. This study aims to map the bearing capacity of the foundation at Altınşehir (Adıyaman) district area. Bearing capacity data for soil in Altınşehir (Adıyaman) province from 103 boreholes drilled by the private firms and

their soil investigation reports were used in this research. The performed methods are: collecting, selecting, grouping and plotting the data location on topographic Altınşehir map. In the Altınşehir region, 78 soil survey reports based on drillings of different parcels were examined and the ultimate soil bearing capacity values of these parcels were taken into consideration. The results show that the allowable ultimate bearing capacity range is the lowest value 14.5 t / m^2 and the highest value is 18.9 t / m^2 for this area. These data were analyzed and plotted by NetCad on 1/20000 topographic map, and 1.5 - 4 meters deep soils allows for the ultimate bearing capacity created map. Those maps cover all the studied areas and by using contour lines, approximate values for no-data areas can be obtained.

Keywords: Soil, Bearing capacity map, Adıyaman, Altınşehir

1. GİRİŞ

Temel, yapının ağırlığını zemine aktaran yapının bir parçasıdır. Zemin üzerine inşaa edilen tüm yapıların sabit ve hareketli yükleri temellerle zemine aktırılır. Bir temel, uygun yapı ile onu destekleyen zemin arasında bir bağlantı kurar. Temel zeminin taşıma kapasitesi mühendislik yapıları için ana tasarım kriteridir. Geoteknik mühendisliğinde zeminin taşıma gücü, o zemine uygulanan yükleri güvenle taşıma kapasitesidir. Zeminin taşıma gücü, temel altındaki zeminin göçme oluşturmaması gereken maksimum temas basıncıdır. Sınır taşıma gücü, zeminin desteklediği teorik maksimum basınçtır, emin taşıma gücü ise, sınır taşıma gücünün bir güvenlik sayısına bölünmesi ile elde edilen ve mühendislik yapılarının tasarım hesaplarında kullanılan değerdir.

Herhangi bir mühendislik tasarımının inşaasının projelendirilmesinde zeminin taşıma gücü çok önemli bir faktördür. Taşıma gücünün mühendislik yapısının projelendirilmesinde uygun kullanılması, yapının dinamik ve statik yükler altında zeminin yenilmeye, göçmeye uğramadan güvenle inşaasını sağlar (Kadhim vd., 2003). Bir mühendislik yapısı temelinin kendi ağırlığı ve kullanımı sürecindeki sabit ve hareketli yüklere karşı dayanımı zeminin taşıma gücüne bağlıdır (Mansour vd., 2016). Herhangi bir yapının inşa edilme sürecinde kapsamlı bir zemin araştırması için, konusunda uzman bir ekibe, yorucu, masraflı ve zaman alıcı bir çalışmaya ihtiyaç duyulur. Bu nedenle, şehirlerdeki yerleşim alanlarının hızla genişleme zorluklarının, geoteknik uygulamaları açısından üstesinden gelmek için zemin araştırma sonuçlarının daha önceden kestirilebilme ihtiyacını ortaya çıkarmıştır (Dungca vd., 2017).

Zeminlerin taşıma gücü, arazide standart penetrasyon (SPT), konik penetrasyon (CPT) deneyleriyle veya laboratuvarda örselenmemiş numunelerin ilgili deney

sonuçlarından elde edilen mühendislik ve fiziksel özelliklerin taşıma gücü bağıntılarında kullanılıp hesaplanmasıyla elde edilir (Terzaghi vd., 1996).

Zeminlerin taşıma gücü, zeminlerin kohezyonuna, sürtünme açılarına, doygunluk derecelerine, kuru ve doygun birim ağırlıklarına, yeraltı su seviyesi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Freeze ve Chery, 1979). Zemin taşıma gücü ile mühendislik yapısının depremlerden zarar görmemesi için uygun temel tipi ve türü, temel derinliği seçimi, tahmin edilebilir (Santamarina, 2011).

Zeminlerin taşıma gücü hesaplamalarında hangi yöntemlerin kullanılacağını önceden tahmin etme ve araştırmalar sonucu hesaplanan değerin doğruluğunun test edilmesinde bu çalışma bir mühendislik gereksinimini karşılamanın hızlı bir yöntemini önermektedir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Adıyaman merkez ilçede ikamet eden kişi sayısı 2000 yılındaki genel nüfus sayımına göre 178538 iken, şehir merkezine göçün artışı ve özellikle 2006 yılında Adıyaman üniversitesinin kurulması sonrasında bu rakam bu gün 254695 yükselmiştir (TUİK, 2019).

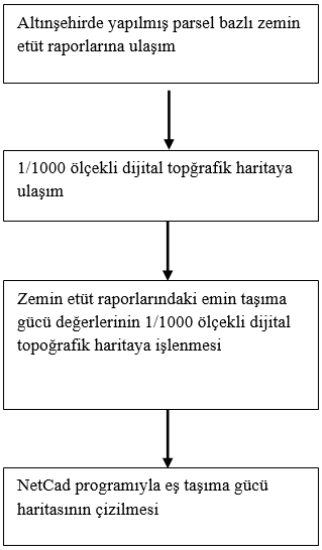
Bu nüfus artışının büyük bir kısmı üniversite külleyişinin de bulunduğu Altınşehir mahallesinde olmuştur. Henüz Adıyaman Üniversitesinin kurulmadığı 2003 yıllarında Altınşehir mahallesindeki geniş tarım arazileri, üniversitenin kurulmasıyla birlikte yapılaşmaya açılmış ve hızla bugünkü duruma ulaşmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2).

Şekil 1. 2003 yılına ait Altınşehir mahallesi uydu görüntüsü

Şekil 2. 2018 yılına ait Altınşehir mahallesi uydu görüntüsü

Bu çalışma, Altınşehir (Adıyaman) mahallesindeki 103 sondaj kuyusunda yapılan SPT verileriyle hesaplanmış zemin taşıma gücü değerlerinin, bölgenin topoğrafik haritası üzerine işlenmesini ve eş taşıma gücü eğrilerinin oluşturulmasını içermektedir. Çalışmanın olgunlaştırılmasında çizelge 1'den faydalanılmıştır.

Çizelge 1. Altınşehir mahallesinin taşıma gücü haritasının oluşturulmasında çalışma programı



Çalışma alanının 1/1000 ölçekli dijital topoğrafik haritası ile bu güne kadar resmi ve özel firmalar tarafından yapılan parsel bazlı zemin etüt raporları Adıyaman Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğünden alınmıştır. 1/1000 ölçekli topoğrafik haritanın A4 boyutunda gösteriminde bilgilerin üst üste çakışmasından sakınıldığı için ölçek 1/20000 e indirgenmiştir (Şekil 3).

Şekil 3. Altınşehir bölgesinin 1/20000 lik parsel haritası

Altınşehir bölgesinde farklı parsellere ait sondaja dayalı yapılan 103 adet zemin etüt raporu incelenmiş ve bu parsellere ait zemin türleri nazara alınarak yapılan deneyler sonucu bulunan zemin emin taşıma gücü değerleri kullanılmıştır. Bu değerlerin en düşüğü 14.5 t/m^2 en yükseği de 18.9 t/m^2 hesaplanmıştır (Şekil 4).

Şekil 4. Altınşehir bölgesinin 1/20000 lik taşıma gücü haritası

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Altınşehir bölgesinde farklı parsellere ait sondaja dayalı yapılan 103 adet zemin etüt raporu incelenmiş ve bu parsellere ait zemin türleri nazara alınarak yapılan deneyler sonucu bulunan zemin emin taşıma gücü değerleri 1/20000 lik topoğrafik haritada ilgili parsellere işlenmiştir. Parsellere işlenmiş bu taşıma gücü değerleri NetCad bilgisayar programıyla 0,1 t/m^2 aralıklarla eş taşıma gücü eğrileri oluşturulmuştur. Haritaya işlenmiş bu eğrilerin en düşük değerleri 14.5 t/m2, en yükseği de 18.9 t/m2 olarak çizilmiştir.

Çalışma alanındaki eş taşıma gücü haritası kapsamında bulunup henüz zemin etüt raporları hazırlanmamış parsellerin taşıma gücü değerleri haritada okunacağından, yapılacak zemin etüt raporlarına temel teşkil edecek zemin araştırma yöntemlerinin seçiminde yol gösterici olacağı umulmaktadır.

KAYNAKLAR

Adıyaman Valiliği (2019). "Adıyaman il nüfusu", http://www.adiyaman.gov.tr/nufus-bilgileri

Dungca, J.R., Concepcion Jr.I., Limyuen, M.C.M., See, T.O. and Vicencio, M.R. (2017) Soil Bearing Capacity Reference for Metro Manila, Philippines. International Journal of GEOMATE, 12, 5-11. https://doi.org/10.21660/2017.32.6556

Freeze, R.A. and Chery, J.A. (1979) Groundwater. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 604.

Kadhim, M.M., Al-Saoudi, N.K.S. and Ziboon, A.R. (2003) Digital Geotechnical Maps of Basrah City Using Geographical Information Systems Technique. Journal of Engineering & Technology, 31, 599-617.

Mansour, M.F., Abdel-Motaal, M.A. and Ali, A.M., (2016) Seismic bearing capacity of shallow foundations on partially liquefiable saturated sand, International Journal of Geotechnical Engineering, 10, 124-134. https://doi.org/10.1179/1939787915Y.0000000020

Santamarina, J.C. (2011) Soils and Waves: Particulate Materials Behavior, Characterization and Process Monitoring. John Wiley & Sons, Hoboken.

Terzaghi, K., Peck, R.B. and Mesri, G. (1996) Soil Mechanics in Engineering Practice. 3d Edition, John Wily and Sons. Inc., Hoboken.

KİL İÇERİĞİNİN ZEMİN-GEOTEKSTİL ARAYÜZEYİNDEKİ KAYMA PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet SÖYLEMEZ
Adıyaman Üniversitesi

Selçuk ARSLAN

ÖZET: Bu çalışmada örgüsüz geotekstil bir malzemenin killi ve kumlu zeminlerde kayma düzleminde içsel sürtünme açısına ve kohezyona olan etkisinin nasıl olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla saf kum, saf kil ve belli oranlarda kum-kil karıştırılarak elde edilen malzemelerle kesme kutusu deneyleri yapılmıştır. Deneyler 60×60 mm kesme kutusu ile ve karışımlar %10 artırılarak veya azaltılarak gerçekleştirilmiştir. Malzeme suya tam doygun durumdadır. Öncelikle deneylerde belli bir oranda karıştırılmış malzemeye 3 farklı normal gerilme altında kesme kutusu deneyi yapılmış ve malzemenin içsel sürtünme açısı ve kohezyonu belirlenmiştir. Daha sonra aynı malzemeye aynı normal gerilme altında iki kutu arakesitine 60×60mm geotekstil serilerek kesme kutusu deneyleri yapılmış, içsel sürtünme açısı ve kohezyonu belirlenmiştir. Farklı iki aşamada gerçekleştirilen deney sonuçlarına göre geotekstilin içsel sürtünme açısını artırdığını ve buna dayanarak zeminin kayma gerilmesine olumlu yönde etki ettiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Geotekstil, Kesme kutusu, İçsel sürtünme açısı, Kohezyon

The Effect of Clay Content on Shear Parameters in the Surface Geotextile Interface

ABSTRACT: In this study, it has been tried to detect how is the effect of a webless geotextile material on both the internal friction angle on clayey and arenaceous gliding surfaces and on cohesion. In accordance with this aim, shear box experiments have been done on materials obtained by either pure sand or pure clay or sand-clay mixtures with certain proportions. Experiments have been conducted 60x60 mm shear box by increasing or decreasing the proportion by %10. The material is in a fully water saturated condition. Firstly, shear box tests have been conducted on the material mixed with certain proportions under three different normal stress and the internal friction coefficient and

cohesion of the material have been detected. Afterwards, shear box tests have been repeated under the same normal stress by spreading 60x60 mm geotextile material in between the two boxes and then the internal friction coefficient and cohesion of the material have been detected. According to the experiment results completed, geotextile has been detected to increase the internal friction angle and, as a result, positively affected the gliding stress of the surface.

Keywords: Geotextile, Shear box, Internal friction angle, Cohesion

1. GİRİŞ

Geotekstil, İnsan yapısı bir proje, yapı veya sistemin bir parçası olarak temel elemanı, zemin, kaya ve toprakla veya geoteknik mühendisliği ile ilgili herhangi bir malzeme ile kullanılan geçirimli tekstil ürünüdür. Yan ürünler ise geotekstil tanımına uymayan fakat geotekstil yerine ya da geotekstille beraber kullanılan ağ, ızgara, tabaka, şerit, hücre vs. şeklinde diğer malzemeler olarak tanımlanmıştır (ASTM).

Geotekstillerin kullanılmasıyla bazı yapılar teorik olarak göçmeye çok yakın olmalarına rağmen gerçekte göçme olmadan stabil kalabilmektedirler. Tekrarlı yüklere maruz kalan kaplamasız yollarda ya da buna benzer yapılarda zemin tabakaları geotekstil serilerek korumaya alınırsa yapının ömrü uzamaktadır ve dayanımını artırmaktadır.

Zemin-geotekstil ilişkisinin daha iyi anlaşılması için geotekstille tasarımı da geliştirmektedir. Geotekstilin davranışında kendi mekanik özelliklerinin yanı sıra bulunduğu ortamlada ilişkilidir. Yapılan çalışmalar geotekstillerin daha etkili kullanımını sağlamaktadır. Detaylı tasarım, araştırma ve uzmanlaşma bu bakımdan önemlidir. Örneğin geotekstilin bulunduğu yerlerde genellikle bir gerilme bulunur. Bu gerilme hidrostatik, mekanik ya da başka etkilerle oluşup değişik sebeplerle gerilmeler artabilir. Barajlarda geçirimsizliğin kil çekirdekle, dayanımın ise kaya dolguyla sağlanmaktadır. Bu durumlarda çekirdekle kaya dolgunun temas ettiği bölge oldukça hassastır. Nedeni ise, bu bölgede yüksek su basıncı nedeniyle borulanma, kayma gerilmesi yoğunlaşması sebebiyle de kırılma oluşabilir. Bu durum geotekstil kullanılması halinde de geçerlidir ve dikkate alınmalıdır.

Geotekstillerin pek çok geoteknik mühendisi tarafından geç tanınmasının sebebi, iletişimsizlik ve yetersiz bilgilenmedir. Geotekstilin ham maddesi olarak kullanılan sentetik polimerler de yeterince tanınmamaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle, dünyada geotekstilin kullanılmadığı ülkeler varken, yeni ürünlerin çokluğu ve çeşitliliği kafaları karıştırmaktadır. Beton, çelik gibi malzemelerin davranışları birbirlerine benzerdir ve kolay anlaşılır. Fakat geotekstillerle ilgili bilgi ve tecrübe eksikliği

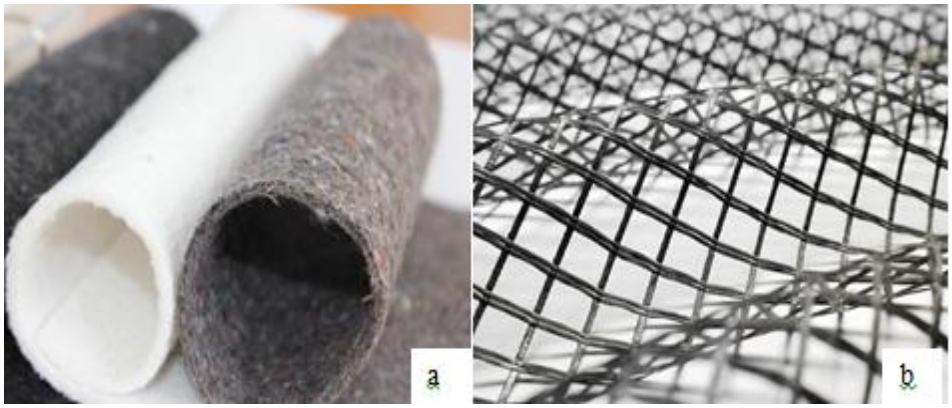
projecileri şüpheci bir davranışa zorlamaktadır. Ama bugün hem teknik olarak, hem uygulamada olarak, hem de tasarımda olarak yaklaşık yarım yüzyıllık bir birikim oluşmuştur. Farklı geotekstillerin teknik özelliklerinin bir arada belirtildiği listeler projecilerin işlerini kolaylaştırmıştır (Ingold ve Miler, 1988; Koerner, 1986).

2. GEOTEKSTİLLERİN MALZEME YAPISI VE SINIFLANDIRILMASI

Poliamid, polyester, polietilen, polipropilen, polivinil klorür, ethen kopolimer bitüm, klorinat polietilen, geotekstil hammaddeleri olarak sayılabilir (Dernek,1998).

Geotekstilin yapısı iki ana elemandan oluşur. Bunlar fiber (filament) ve ipliktir. Fiber, bükülebilirliğe ve inceliğe sahip, yüksek boy/kalınlık oranıyla karekterize edilen bir malzemedir. İplik ise belirli bir uzunluğa sahip, küçük kesit alanlı, bükülmüş ya da bükülmemiş fiberlerin montajlanmış ve geotekstil üretimine hazır hale getirilmiş şeklidir (Çoruh,1993).

Geotekstiller yapım tekniğine göre, örgülü ve örgüsüz geotekstiller olarak sınıflandırılabilir. (şekil 1a,b).



Şekil 1. Örgüsüz (a) ve örgülü (b) geotekstiller

Bunlarda kendi içerisinde yapıldıkları ipliğin ve fiberin türüne göre sınıflandırılır. Örgülü geotekstil geometrik olarak tek filamentli, çok filamentli, şerit esaslı ve kesikli film tipidir. Örgüsüz geotekstiller ise, fiberlerin bağlanma aşamaları esas alınarak, ısıl, kimyasal ya da mekanik birleştirmeli olarak ayrılırlar (Çoruh,1993).

Örgüsüz geotekstiller; ipliğe dönüştürülmemiş, çeşitli yöntemlerle birbirine tutturulmuş, doğal yada sentetik, kesikli yada sonsuz uzunlukta elyaflardan oluşurlar.

Şekil 1a da verilen örgüsüz geotekstil, çeşitli yöntemlerle birbirlerine tutturulmuş (örgüsüz iğneleme, kimyasal, ısıl vb.) ve çeşitli yöntemlerle dizilmiş elyaflardan oluşan tabaka, ağ ya da keçedir (Sağlam, 2009).

Yüksek çekme mukavemetine sahip örgülü geotekstiller ise iki yönde kesintisiz iplik içermektedir. İpliğin tüm teknik özelliklerinden yararlanılarak düşük uzamalarda yüksek mukavemetler elde edilir. Örgülü geotekstillerdeki iplikler birbirine dik açıyla ya da farklı açılarla bağlanabilir (Sağlam,2009).

2.1 Geotekstillerin Fiziksel Özellikleri

Geotekstil üretiminde kullanılan bazı polimerik malzemelerin birim hacim ağırlıkları; Polipropilen = 910 kg / m^3, Polyester = 1220-1380 kg / m^3, Naylon = 1050-1140 kg/m^3, Polietilen = 920-960 kg / m^3 olarak sıralanabilir (Benek,2006).

Geotekstiller için üretim yapılacak maksimum genişlik 5,5 – 6 m civarındadır. Geotekstilin boyu ile ilgili herhangi bir standart yoktur. Üreticiye ve isteğe bağlıdır. Malzemenin boyu ve eni hassas olarak belirtilmek istendiğinde gerilmesiz koşullar dikkate alınmalıdır (Benek,2006).

Birim alana düşen ağırlık, geotekstilin 1 m^2 sindeki gram cinsinden malzeme miktarıdır. Genellikle geotekstiller 135 - 680 gr/m^2 arasında üretilir. Bu değerler arasında geotekstiller en verimli sonuçları verir. Dokumanın maliyeti ve dayanımı ağırlığıyla doğru orantılıdır. Genellikle örgülü geotekstiller örgüsüz geotekstillere göre yüksek dayanımlı ve daha ağırdır (Benek,2006).

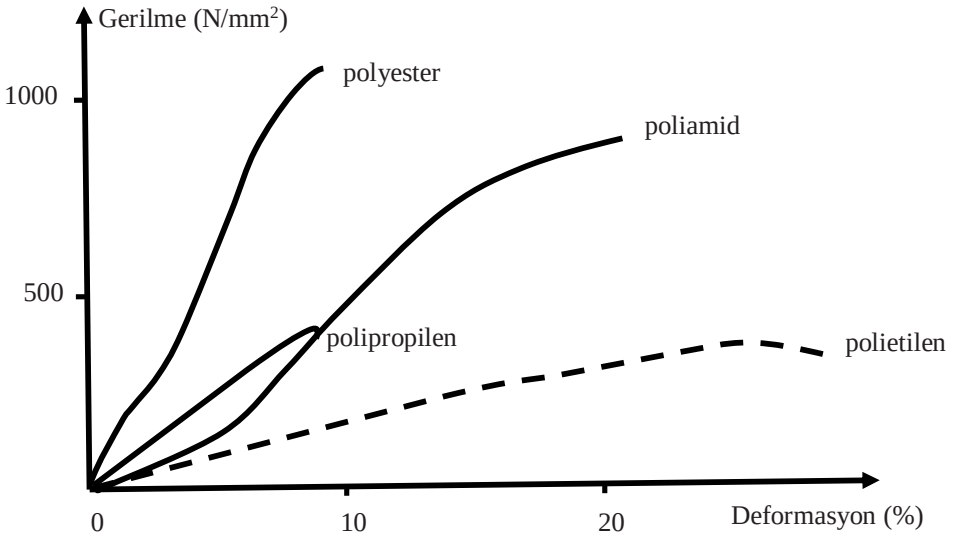
Belirli bir basınç altında geotekstilin alt ve üst yüzleri arasındaki mesafe kalınlığını verir (Çizelge 1).Genellikle geotekstillerin kalınlıkları 0,2 - 10 mm arasındadır (Benek,2006).

Çizelge 1. Dokumanın kalınlığının ölçümünde dikkate alınacak basınçlar (ASTM D1777)

Malzeme Tipi	Basınç Aralığı
YUMUŞAK	0.035-35 g/cm^2
ORTA	1.4-144 g/cm^2
SIKI	7-700 g/cm^2

2.2 Geotekstillerin Gerilme Deformasyon İlişkileri ve Kullanım Alanları

Geotekstillerin gerilme-deformasyon ilişkileri, ipliklerin cinsine ve ipliklerin geotekstili nasıl bir işlemle oluşturduğuna bağlıdır (şekil 2).



Şekil 2. Çeşitli cins ipliklerin yük uzama davranışları (Çoruh 1993).

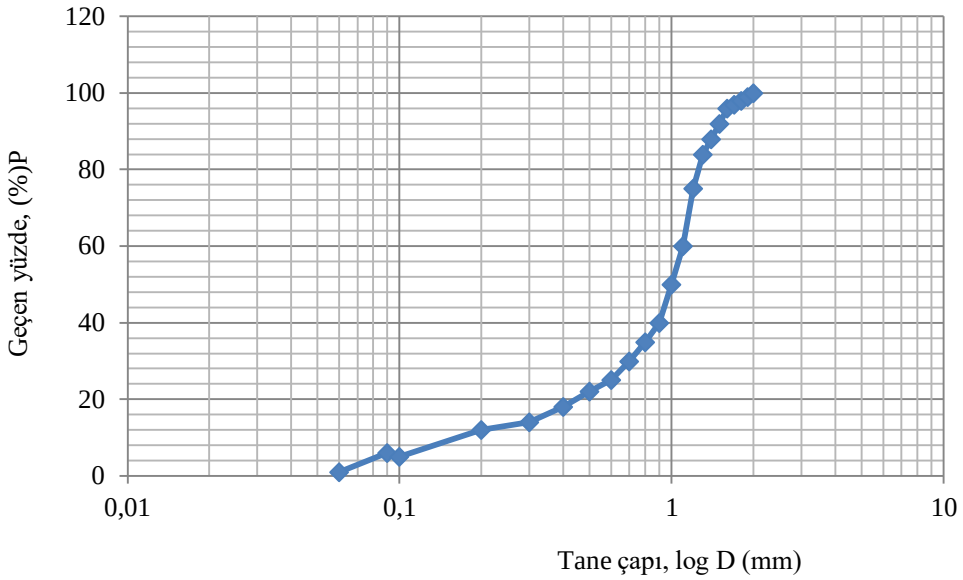
Geotekstiller günümüzde; Kaplamasız ve kaplamalı yollarda, havaalanı pistlerinde, demiryollarında, barajlarda, asfalt takviye işlerinde, istinat duvarlarında, binalarda, şev ve kıyı korumasında, su içindeki yapılarda, spor sahalarında ve su yalıtımı gibi birçok alanda kullanılmaktadırlar (şekil 3).

Şekil 3. a) Kaplamasız yollarda b) kaplamalı yollarda c) havaalanı pistlerinde d) demiryollarında e)Barajlarda f) asfaltaltı geotekstil uygulamaları (Benek,2006).

3. MALZEME VE YÖNTEM

Deneyde kullanılan geotekstil kırçıllı keçeden imal edilmiş olup örgüsüzdür. Ağırlığı 500 g/m^2, kopma mukavemeti imalat yönünde 520 N, imalat yönüne dik 700 N dur. Geotekstilin kopma uzaması yaklaşık olarak imalat yönünde %75, imalat yönüne dik %50 dir. Geotekstilde kullanılan malzemenin cinsi %80 polyester %20 poliamid'tir. Geotekstil malzemenin kırçıllı seçilmesinin nedeni; sert olması, dayanımının yüksek olması ve zemin tabakaları arasına serildiğinde katlanmamasıdır. Aynı şekilde geotekstilin m^2 ye düşen birim ağırlığı arttıkça yatayda kesme kuvvetine karşı direnci artmaktadır. Bu sebepten ötürü çalışmada piyasadaki birim ağırlığı en yüksek malzeme tercih edilmiştir.

Deneylerde kullanılan kum, tane büyüklüğü 0.06 mm ila 2 mm olacak şekilde seçilmiş ve USCS'ye (Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi) göre SP (kötü derecelenmiş kum) olduğu tespit edilmiştir (şekil 4).

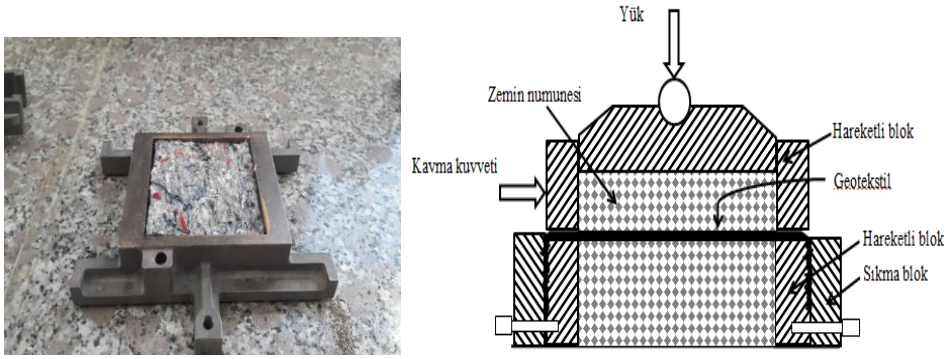


Şekil 4. Kumun tane çapına göre geçen yüzdesi

Çalışmada kullanılan kil smektit tipi bir kil olup, kantitatif analizler sonucu smektit (montmorillonit) oranının %51, illitin %35 ve kaolinitin %14 olduğu saptanmıstır (Bayça ve Çiçek, 2008). Tüm kil-kum karışımı yüzdelerinde kesme kutusu deneyleri yapıldı. Kesme kutusu deneyleri % 100 kumdan oluşan numunelerle başlanmış, sonraki her bir deneyde, kil oranı% 10 arttırılarak deneylere devam edilmiştir. Son olarak, deneyler % 100 kil numunesi kullanılarak tamamlanmıştır. Her bir killi zemin karışımlı zemin numuneleri, 27.2, 54.4 ve 108.8 kPa normal gerilmeler altında üç kez tekrarlanmıştır. Deneylerde bilgisayar kontrollü Ele marka kesme kutusu cihazı kullanılmıştır (şekil 5).

Şekil 5. Bilgisayar kontrollü kesme kutusu cihazı

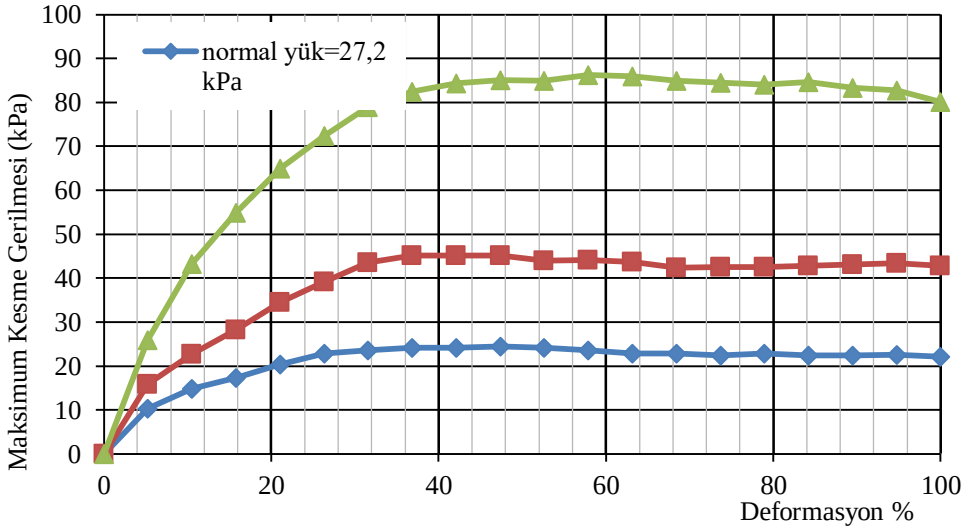
Bu deneyler sırasında geotekstilin deney esnasında kesme kutusunun tam ara-kesitine denk getirilmemesi için, en büyük kum taneciğinin boyutundan daha yüksek bir ölçüde, yaklaşık 2,5 mm daha alta yerleştirilmiştir (şekil 6).



Şekil 6. Geotekstilin kesme kutusuna yerleştirilmesi (a) ve şematik kesiti (b) (Anubhav'dan değiştirilmiştir)

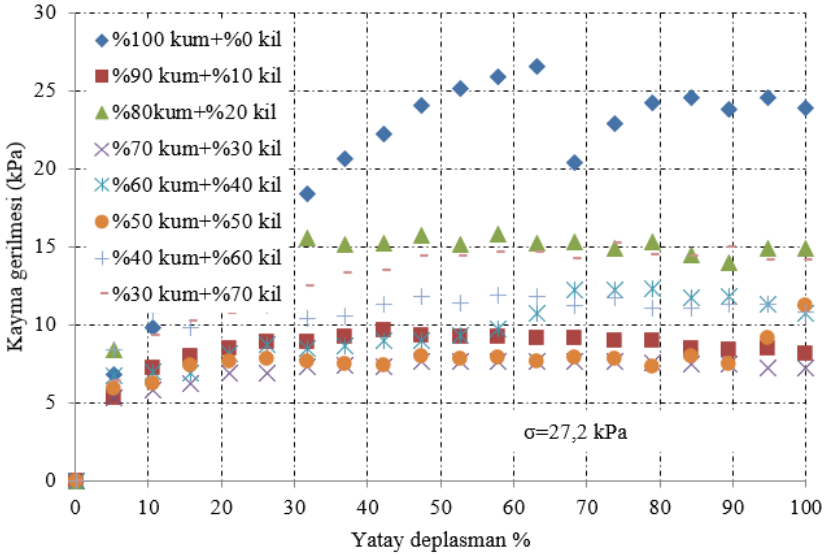
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Geotekstilin killi kum zemin arakesitindeki kayma mukavemeti parametrelerine etkisinin tespiti için, arayüzeye geotekstil serilmeden sade kum numunesinin suya doygun ortamda kayama mukavemeti parametreleri kesme kutusu ile bulunmuştur. Kesme kutusu deneyinde kum numune yüksekliği 32 mm ve ağırlığı 170 gr olarak seçilmiştir. Sonuçlara göre normal yük artsa da kayma gerilmesi, kum numunenin % 30 deformasyon değerinde maksimum kayma gerilmesine ulaşmaktadır (şekil 7).

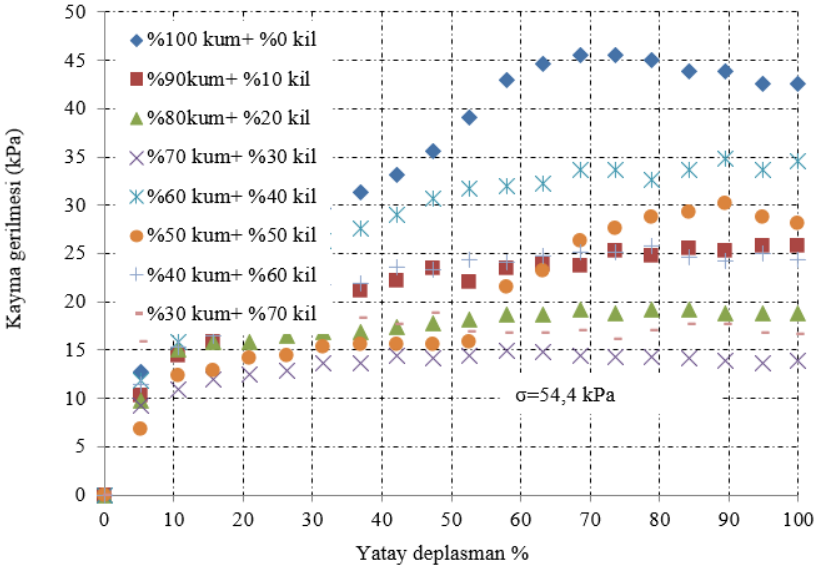


Şekil 7. Normal yük altında deformasyon-kayma gerilmesi ilişkisi

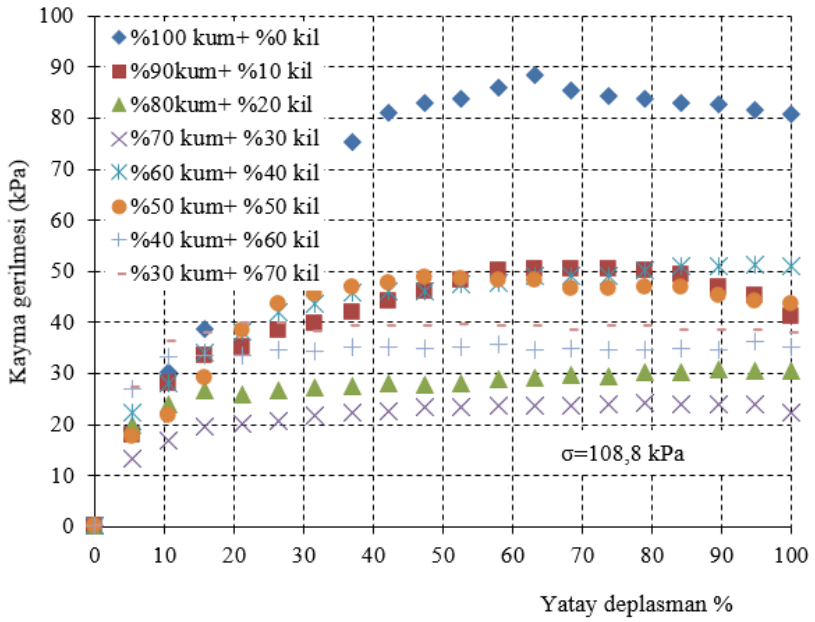
Zemin-geotekstil arayüz mukavemeti, bazen zemin numunesinin kesme mukavemetinden daha büyük ve bazen de daha küçük olabilir. Bu farklılık test edilen zemin numunelerinin tipine ve arakesitte kullanılan malzemesinin özelliklerine göre değişir. Bu çalışmada, bazı deneylerde kum-geotekstil arayüzey direnci, zeminin kayma dayanımından daha yüksekken diğerlerinde düşüktür. Bu durumun, numunelerin kil-kum oranlarındaki farklılıklardan, başka bir deyişle tane dağılımlarındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Örneğin geotekstil kullanılmadan 27.2 kPa normal gerilme altında ağırlıkça% 90 kum ve % 10 kil karışımlı zemin numunesinin maksimum kayma gerilmesi 28.1 kPa olarak hesaplanmıştır. Aynı şartlar altında geotekstil kullanılarak bu sonuç 23.9 kPa olarak hesaplandı. Ayrıca zemin numunelerinin kesme kutusuna yerleştirilmesi, ve geotekstilin uygun pozisyonu da etkilidir. Bununla birlikte, grafikler dikkatlice incelendiğinde, kum oranı arttıkça doygunluk etkisinin azaldığı görülmüştür (şekil 8,9,10).



Şekil 8.σ = 27.2 kPa normal gerilme altında geotekstilin suya doygun zemin numunesinin kayma direncine etkisi

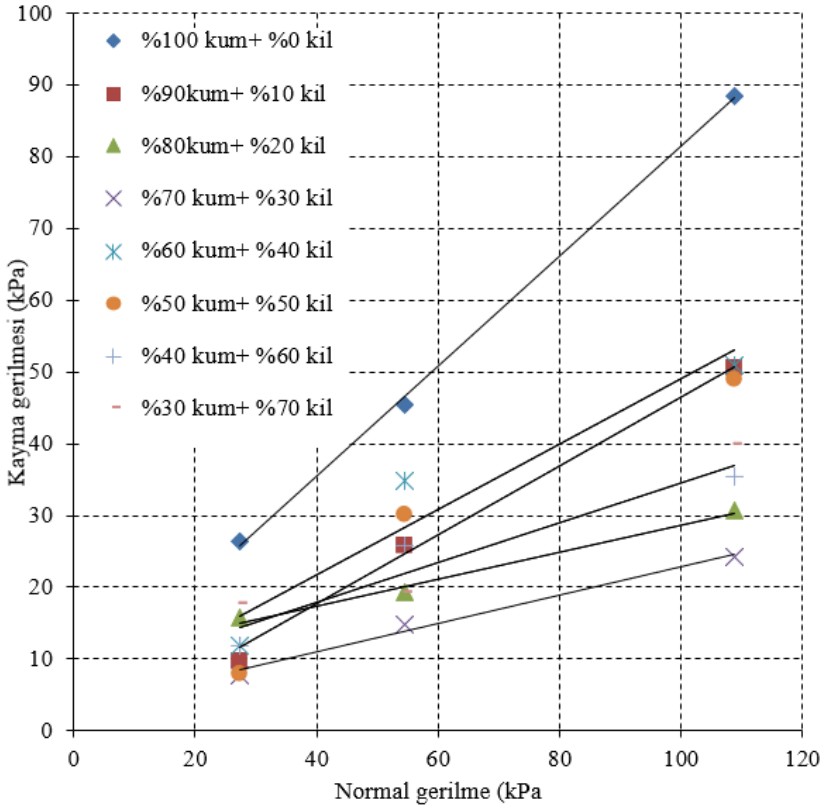


Şekil 9.σ = 54.4 kPa normal gerilme altında geotekstilin suya doygun zemin numunesinin kayma direncine etkisi



Şekil 10.σ = 108.8 kPa normal gerilme altında geotekstilin suya doygun zemin numunesinin kayma direncine etkisi

Nispeten % 10, % 20 ve % 30 gibi daha düşük kil içeren kum zemin numunelerinin Mohr coulomb yenilme zarflarının eğimleri daha düşük iken, kil içeriği yüksek olan kum numunelerinde bu eğim artmıştır (Şekil 10). Başka bir ifadeyle kil oranı arttıkça Mohr Coulomb yenilme zarflarının eğimi artmıştır (şekil 11).



Şekil 11. Doymuş zemin ve geotektstil arakesitinde Mohr-coulomb yenilme zarfı

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, kum ve kil oranları değiştirilerek kil oranının killi kum-geotekstil arayüz direnci üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Öte yandan, killi kum numunelerinin arayüzey mukavemeti suya doygun ortamda ölçülmüş ve sonuçlar kil içeriğinin artışına bağlı deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Geotekstil-zemin arayüzey davranışının tipik olarak kırılgan malzemelerin yük deformasyon eğrisine benzer olduğu bulgularından anlaşılmaktadır. Normal yük arttığında, maksimum arayüz mukavemeti artar. Genel olarak, numunelerin arayüzey mukavemetinin, zemin numunelerinin kayma dayanımı değerlerinden biraz daha büyük olduğu gözlenmektedir. Arayüz mukavemeti, deneylerde kullanılan tüm zemin numuneleri için yaklaşık % 15'ten daha büyüktür. Öte yandan, kil ve kum oranları göz önüne alındığında, kum oranı arttıkça arayüzey mukavemetinin arttığı söylenebilir.

% 100 kum içeren zemin numunelerinin arayüzey mukavemeti değeri, % 100 kil içeren zemin numunelerinin yaklaşık% 15-25 aralığından daha büyüktür ve bu karşılaştırma deneysel sonuçlardan okunabilir. Geotekstil-zemin arayüz direnci, kum taneleri ve jeotekstil yüzey dokusu arasındaki daha iyi etkileşime bağlı olarak kum oranı ile orantılı olarak artar.

Bununla birlikte, eğriler dikkatlice incelendiğinde, kum oranı arttıkça ve arayüzey mukavemeti değerinde doygunluk etkisi azalmaktadır.

Mohr-coulomb yenilme zarfı grafikleri doymuş zemin için incelendiğinde, yenilme zarflarının eğimi genel olarak, kil oranı arttıkça artar.

KAYNAKLAR

Anubhav, S. and Basudhar, P.K., 2010, Modeling of soil-woven geotextile interface behavior from direct shear test results. Geotextiles and Geomembranes, 28, 403–408. https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2009.12.005

ASTM D1777-96. (2019) Standard Test Method for Thickness of Textile Materials. Annual Book of ASTM Standards. American Society For Testing and Materials, West Conshohocken, PA.

Benek M.B., 2006. Geotekstiller Üzerine Bir İnceleme ve Uygulama Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

Çoruh, T., Jeosentetikler, D.S.İ Tek. Ar. Ve Kal. Kont. D. Baş., Ankara, 1993

Dernek Ö., (1998). Jeosentetikler ve Karayollarında Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.Teknik.Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Ingold, T.S., Miler, K.S., Geotextiles Handbook, Thomas Telford, London, 1988

Koerner, R.M., Designing Wıth Geosynthetics, Prentice Hail, N.J., 1986

Sağlam R., 2009. Karayolu Yapımında Geosentetik Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

YANGIN KOŞULLARI ALTINDAKI YÜKSEK KATLI KONUTLARDA TAHLİYE

Mustapha Muazu JODI
Boğaziçi Üniversity

Serdar SELAMET
Boğaziçi Üniverisity

ÖZET: Yapılarda yaşayanların güvenliğini sağlamak için yangın yönetmelikleri genellikle tasarımda karşılanması gereken minimum gereksinimleri belirtir. Sayısı gittikçe artan yüksek katlı konutlar ile olası bir yangından kaynaklanacak riskler artmıştır. Bu çalışmada yüksek katlı konutlarda, ileri seviye nümerik yöntemlerle yangın ve duman dağılımının etkisini de hesaba katarak tahliye analizi yapılmıştır. Sonuçlar, bu tür yüksek binalarda tahliye zamanının yangının çıktığı kata göre ciddi farklılık göstermesi ve tahliye davranışının 4-5 katlı konut binalarından çok farklı olduğunu göstermektedir. Bu çalışma ile yangın mühendisliğinin bir parçası olan tahliye senaryolarının daha doğru şekilde üretilmesi ve bina tasarımının bu senaryolara göre yapılması amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: tahliye, yüksek binalar, yüksek katlı konutlar, yangın mühendisliği

Egress in Tall Residential Buildings under Fire Conditions

ABSTRACT: In order to ensure the life safety of residents, building codes often establish the minimum requirements to be met in fire safety design. On the other hand, the increasing number of complex modern high-rise residential buildings suggests an increased risk of major consequences resulting from fire hazards. This indicates that the ability to mitigate the threats posed by fire to high-rise building residents should be of primary concern and surpass the minimum safety criteria. In view of the challenges faced when modelling egress in tall residential buildings, the current understanding of fire and evacuation has been synthesized to propose a robust framework for evaluating the life safety of occupants in tall residential buildings. The results demonstrate how the egress behavior of such buildings differ from that of conventional low-rise buildings as well as the importance of characterizing the different levels of risk incurred by different occupants due to fire outbreak on different floors. This is intended to provide additional guidance to building designers and researchers in the field of performance-based fire safety.

Keywords: egress, high rise, tall buildings, evacuation, fire engineering

1. INTRODUCTION

One of the most important issues in the design of high-rise buildings is ensuring that in the case of an emergency situation such as the event of an earthquake or fire its occupants are able to safely evacuate before the conditions within the building become untenable. Over the past decades, cities all around the world have experienced a steady influx of migrants thus increasing their need for more residential buildings. Istanbul is among the cities with the highest number of skyscrapers in Europe and given the current continual growth of urban population and the limited land resource, high-rise residential buildings will only continue to increase in number in these growing cities.

Evacuation of people can prove to be a complex task, and with high-rise buildings this issue is even more paramount. Several procedures can be taken in design and construction that will decrease the likelihood of a fire outbreak. Nevertheless, even if rare in occurrence, the event of fire in tall residential buildings can have devastating consequences as several incidents in history have demonstrated. The MGM grand fire which occurred in Nevada in 1980, for example, is said to have killed at least 87 people and injured 650 others (Dailymail, 2012). In 1974, Joelma Building fire in Brazil left 179 people dead, injuring another 300 (Craighead, 2009). Also, as in the case of Meridian Plaza fire in Philadelphia, without adequate consideration of evacuation for an emergency, even the fire-fighters themselves could be among the casualties. With almost 3,000 deaths and 6,000 injuries, the World Trade Centre terrorist attack has shown the importance of ensuring safe evacuation of occupants during an emergency situation (Ronchi and Nilsson, 2013). Since then, more robust strategies for the evacuation of people in high-rise buildings have been sought including several combinations of total evacuation strategies (Ronchi and Nilsson, 2014). More recently, Grenfell fire which killed 72 people has questioned the appropriateness of alternative evacuation strategies such as defend-in-place strategy thus demonstrating the significance of planning for the evacuation of entire occupants (Hopkin, et. al., 2019).

Research on previous fire deaths and injuries has demonstrated the potential for saving more occupants who have died from fire (Hall, 2004). To provide an accurate representation of potential fire scenarios, several factors need to be taken into account not least the social and fire culture of the particular occupants (Özkaya, 2001). Although the majority of published data used in fire engineering application comes from a small number of countries with broadly similar backgrounds (Galea *et. al.*, 2015), the need for justifiable use and extrapolations of the available data has prompted efforts to establish a database for evacuation parameters (Lovreglio *et. al.*, 2016; Shi et. al., 2008). Factors contributing to egress performance relate primarily

to the characteristic features of the building (Galea, *et. al.*, 2008; Ma *et. al.*, 2012) and the behavior of the evacuees (Ma *et. al.*, 2012). Occupants' exposure to the effluents produced by fire in a burning building can exact influence on this movement behavior and choice of exit route (Bryan, 2002). The choice of exit determines the travel path and hence the distance and speed of evacuation. In residential buildings, occupants are usually expected to use exits with which they are familiar, and that is largely restricted by the building's architectural plan. The standard requirements for the building geometry are usually regulated by the codes and standards applicable in the respective countries. Other requirements concerning the expected features of the occupants are also stipulated in these and several other guidelines.

2. REVIEW OF CURRENT REGULATIONS AND GUIDELINES

According to NFPA 101, buildings above 23m are considered to be high-rise buildings. The prescriptive codes currently in use have evolved from previously adopted design philosophies. The US codes, for example, design exits for capacity so that all the occupants on each floor can be stored on the stairs allowing for orderly evacuation. This led to the adoption of the 44 in. (112cm) stair width in new buildings as this was said to be "sufficient to prevent three persons from forming an arch and blocking traffic" (Bukowski, 2009). Other regulations are also based on similar or same principles and egress systems are generally designed to protect occupants who are not intimate with the initial fire.

In the Turkish fire code, an occupant flow rate of 40 people/min from a width of 50cm is adopted (Oven and Cakaci, 2008). The minimum width for the corridors and stairs is 120 cm, and two stairway exits must be provided for high-rise buildings. Lifts are only used for fire-fighting purposes and occupants are therefore expected to use the traditional means of escape, i.e. stairs for fire escape. Some codes, however, do allow for the use of elevators which has been found to improve the efficiency of the evacuation (Kuligowski, 2003; Ronchi and Nilsson, 2013).

The number of occupants in the building is also a major factor in determining the evacuation time and consequently the risk posed on people in the event of fire. NFPA 101 specifies an occupant load factor of 18.6 m^2/person based on a slightly reduced total area known as the 'gross leasable area' while BYKHY proposes a user load factor of 20 m^2/person for residential apartments which is also in line with several other jurisdictions. These values are in general used to calculate the occupant density from which the total number of occupants in a building during fire evacuation can be simulated and are based on either the floor area or the number bedrooms. Using the high-rise residential building data in Istanbul, a typical size and height has

been chosen to perform a generic analysis of the egress behavior during fire in such buildings.

3. EGRESS AND FIRE

From a point of view of life safety, two parallel aspects are considered during fire evacuation analysis. These are the Allowable Safe Egress Time, ASET, which is an outcome of fire, and Required Safe Egress Time, RSET, the outcome of evacuation. As the performance-based approach has taken hold in the design process for reducing risk to an appropriate level, both of these quantities need to be with determined with a reasonable amount of accuracy. The situation of a building under fire necessitating an urgent evacuation of its occupants is triggered by an accidental or deliberate kindling of a flammable substance. In the case where this process has proceeded for longer than can be extinguished easily, passive protection systems can only slow down the ASET for the occupants to evacuate. The installation of active fire protection systems such as sprinklers, although effective, can also not be relied upon to provide full protection to the lives of the occupants (Oven and Cakaci, 2008). To restrain the potential detriment of the growing fire on occupants, the flashover period is one of the most important factors in ASET estimation.

Developments in technology and computing power has allowed for the feasibility of applying the known fundamental equations of fluid dynamics, heat transfer and combustion to model the evolution of fire with high degree of accuracy. Models of varying sophistication have emerged each relying upon a fixed set of assumptions and physical and chemical principles that can be used to predict pre-flashover fires. Among them is Computational Fluid Dynamics or CFD model, a highly sophisticated technique that numerically solves a time-averaged or space-averaged form of the conservation equations. Fire simulation tools based on this model allow for a convenient application of data or scenario configuration to simulate the effects of fire including radiation (Wang *et. al.*, 2005).

The likelihood of fire initiation in a high-rise building is greater on the lower floors, thus putting a greater number of occupants at risk. In fact, most of the fires in the past have begun on the 6th floor or below (Hall, 2013). Also, furnishings common in residential buildings have low thermal inertia which implies a rapid burning and flame spread. Such fires in which these items are the first to ignite are said to be the leading cause of death (Blais *et. al.*, 2019). Radiation plays an additional role in the burning rate especially in small compartments or those with large openings (Peacock *et. al.*, 1999). Due to the nonuniform fire distribution in rooms, the temperature along the doorway is sometimes used as the defining temperature for flashover (Peacock

et. al., 1999). The distribution of smoke and fire effluents are equally important when it comes to the life safety of the occupants. As we shall see, in high-rise buildings, the location of the fire along the height of the building is key in determining the number of people of who are most at risk due to the fire hazard.

3.1 Egress Modeling

The study of human egress from building fires first began with a focus primarily on the movement of people within the egress components (Kobes *et. al.*, 2009). This served as the determining factor for safety and the design of stairs was carried out so that sufficient capacity is provided to accommodate the simultaneous evacuation of the entire building or of certain floors. This approach led to the prescriptions of minimum widths for stairs, corridors and other egress components (Pauls *et. al.*, 2005) and the prescriptive codes that resulted from such an approach are now based on flow rates, travel distance, exit numbers and exit widths. Later, recognizing the impact of how a building is used affects the egress performance, emphasis shifted to the behavioral aspect of the evacuation. Theories on human behavior during emergency situations still continues to be refined and adopted with our prevailing understanding to more accurately represent hypothetical evacuation scenarios. A comprehensive conceptual model, however, is still an ongoing research area (Gwynne *et. al.*, 2015). In general, behaviors during two broad phases of evacuation can be observed (Purser and Bensilum, 2001). These phases are pre-evacuation phase and evacuation movement phase. For different building uses, the differences in the characteristics of the occupants and of the building make the nature of evacuation different. Occupants in residential buildings exhibit higher pre-evacuation times than in other building types due to the fact that occupants in these buildings are often less prepared for evacuation or may even be reluctant to move out than those in other building types (Ronchi and Nilsson, 2013). The pre-evacuation phase is further divided into two distinct phases: recognition phase, the time from the first cue or alarm to the time when the decision to evacuate is made, and response phase, the time from when the decision is made to the time when evacuation movement begins. The interaction between many egress variables have been shown to require more than these deterministic rules in order to properly determine the evacuation time as well as the general egress performance (Oven and Cakaci, 2008).

In modelling the pre-evacuation times of occupants, pre-defined evacuation times or a series of itinerary list can be assigned to each occupant. An alternative is to apply an evacuation decision model with predictive capabilities based on internal and external factors, although this is rarely implemented in current computer models (Lovreglio *et. al.*, 2016). The type of alarm system also influences the pre-evacuation

time (Shi *et. al.*, 2008). Several activities, cognitive and physical, occur during the response phase and the fire culture, namely alarm system, and the social culture, are some of the main determinants of the response phase behaviors (Galea *et. al.*, 2015). According to the framework used for decision making known as the Protective Action Decision Model (PADM) (Lindell and Perry, 2012), occupants act on information they receive, and this is used to describe the response phase behavior. The pre-evacuation time distribution of occupants generally follows a log-normal distribution (Forssberg, *et. al.*, 2019; Galea *et. al.*, 2015; Purser and Bensilum, 2001). Research has also been carried out to identify the characteristics of people and their circumstance that influence the length of pre-evacuation time during evacuation. A correlation has been found between occupant's vertical position in the building and pre-evacuation delay (Kuligowski and Dennis, 2009). Occupants on lower floors display higher pre-evacuation times than those above. An evacuation that involves people on higher floors reaching the stairs before those on the lower floors will result in queues forming on the stairs as the occupants are being discharged out of the building.

In the second half of the last century, hydraulic models were applied to study the physical movement of people in buildings (Pauls, 1987). According to this model, the speed with which occupants are able to move through the egress components is largely a function of the population density. One major drawback of this fluid model is lack of intrinsic capability to account for congestions. Advanced computer models are able to represent these complex interactions between evacuees with their environment and with other evacuees (Gwynne *et. al.*, 1999: (Ronchi and Nilsson, 2013). The early computer models created to simulate the evacuation problem evaluated the delays resulting from queuing during movement did not represent the location of the queuing (Oven and Cakaci, 2008). Transit from one egress component to the other results in additional evacuation time (Ma *et. al.*, 2012) and for tall building evacuation, research also show a decrease in the average speed of evacuees during the process (Ma *et. al.*, 2012) (McConnell *et. al.*, 2009). Using an agent-based model developed later, the flow of the occupants and their merging process at points of contact can be investigated (Galea, *et. al.* 2008). With this model, evacuees respond spontaneously to their environment within realistic boundaries.

3.2 Interaction between fire and human behavior

As mentioned before, human behavior is one of the key aspects of evacuation considered in egress modelling. In the context of evacuation from a building in fire, these behaviors are influenced by the changing environmental characteristics induced

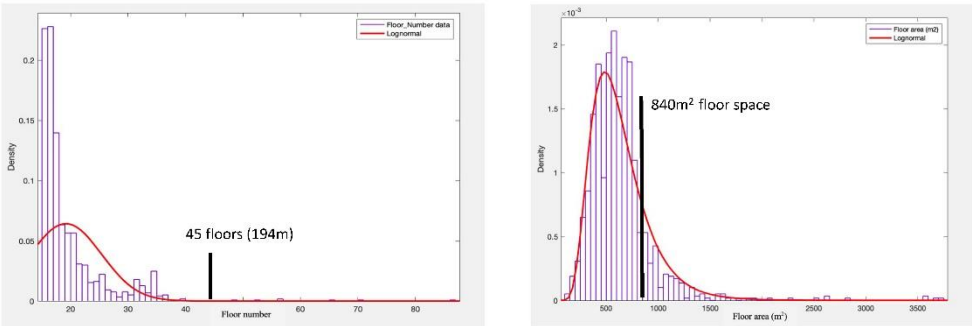
by the fire which include heat, irritants, and other fire hazards. Crucial in the utility of fire models is the spatial and temporal prediction of temperature and smoke. In a tall residential building where the evacuation is more vertical than horizontal, occupants coming down make longer contact with smoke and other toxic gases especially for a fire occurring on the lower floors (Oven and Cakaci, 2008). The toxic gases known to influence human behavior during the evacuation include HCN, CO, CO_2, and the depletion of oxygen (Oven and Cakaci, 2008). The effects of these and the temperature and smoke concentrations on evacuation have been investigated using the hypothetical values shown in Table 1. Smoke produced impair visibility of occupants thereby affecting the occupants' choice of exit and irritant gases also exacerbate the effects of smoke (SFPE Task Group, 2019).

As the evacuees come into contact with these fire effluents, their mobility is impaired. Additionally, since all occupants experience different levels of toxicity and have different tolerance levels, the degree of influence varies across the population. This makes the use of a computer simulation tool with an algorithm designed to be able to perceive such differences useful. In the case study described in this paper, the Turkish demographic has been used to construct the simulation model in the EXODUS evacuation model (Galea *et. al.*, 2015; Oven and Cakaci, 2008). The occupant characteristics that guide the simulation include agility when an obstacle is encountered, drive or assertiveness used to resolve conflict between two or more evacuees meeting at a particular point. These and other characteristics can be grouped into physical and psychological attributes of the evacuees. During the simulation, other attributes such as the total time spent in queues also emerge as experiential attributes. A pure egress phenomenon or an interactive people-fire evacuation with heat and narcotic gases taken into account can also be considered. In the present analyses, both have been considered.

4. CASE STUDY

Three age groups have been chosen to represent the population demographic. A roughly equal male to female ratio is distributed among the groups: 40% aged 12-29 years, 40% aged 30-50 years and 20% aged 50-80 years. The agility, drive, and patience times of males and females are randomly distributed with females having slightly higher values than males but with a significant overlap. Since the location of each occupant cannot be known with certainty, the occupants are also randomly located on each floor. This is consistent with the proportion of the amount of time it takes occupants on each floor to reach the stairs versus the time it takes to evacuate the stairs entirely. For the fire scenario as well, the distribution of the fire has been taken to be even throughout the floor it occurred and for the whole height since the

effect of fire occurring on the specific floor of the tall building is the variable under investigation. As Figure 1 indicates, the area distribution of high-rise buildings in Istanbul falls on a log-normal distribution function. The floor number of the buildings is also represented by a log-normal distribution. To represent a typical tall residential building in Turkey, the mean value has been utilized for the area and the 99th percentile for the height of tall residential buildings. The tall building selected for the case study is 45 floors above ground with 840m^2 floor area. Figure 2 shows the floor layout of the high-rise building under investigation. Each floor has 4 apartments with two exit stairways. There are 43 occupants on each floor with 6th and 29th floors unoccupied as they are utilized for mechanical equipment, which makes a total of 1849 evacuees. The architectural plan also conforms to the Turkish Fire Safety Code.



(a) (b)

Figure 1. Probability Density Function of Istanbul High-rise (a) Building Height – Number of Floors and (b) Floor Area (m^2)

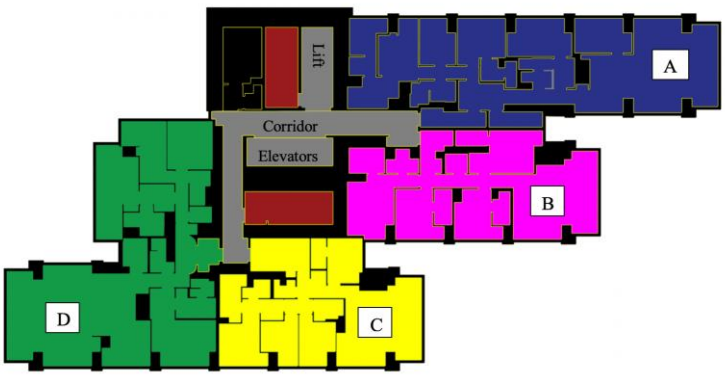
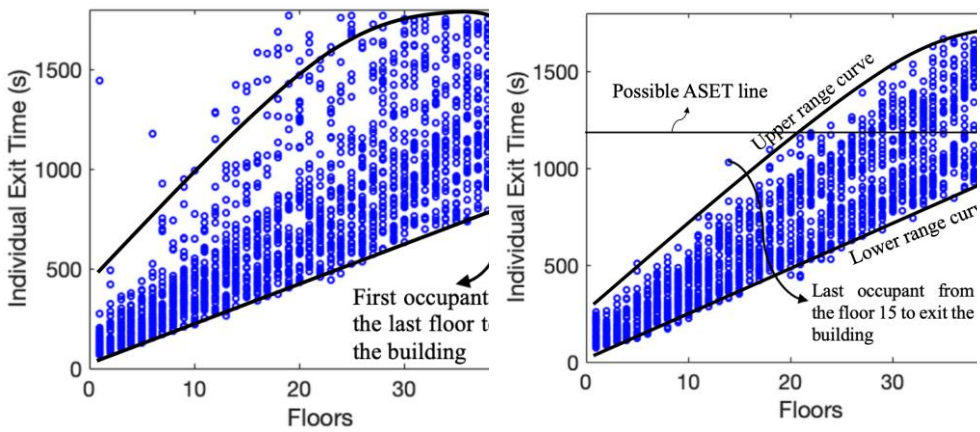


Figure 2. Floor Layout of the Tall Residential Building Case Study

The simulated results of evacuation in the building without considering the influence of fire and one in which fire and smoke influence are considered have been programmed into an assembly code that generates the exit time for each particular occupant from the top to the bottom floor. Figure 3a shows the exit time graph of the realistic scenario (Scenario A in Table 1) outlined in the previous paragraph. Each bubble on the graph represents an occupant starting evacuation from a particular floor and the time elapsed at the point of exit out of the building is given by the y-axis. The area between the upper and lower curves in Figure 3 designate the time range that occupants spent on each floor (i.e. time difference between first and last person leaving each floor). As seen, occupants spend more time on upper floors due to queuing on stairways. To investigate another scenario (Scenario B in Table 1) in which all the attributes of the entire occupants except the starting location are exactly identical, a different graph is produced given by Figure 3b. Here, the time range on each floor gets smaller since every occupant has the same response and move in unison.



(a) (b)

Figure 3. Egress of (a) Scenario A - randomly diverse behaved occupants and (b) Scenario B -homogeneously behaved occupants in a typical tall residential building without fire influence.

The contrast between Figure 3a and Figure 3b demonstrates the difference of having a realistic representation of the diversity of a set of occupants in a tall residential building. Although the total evacuation time does not differ by much in this case, the time spent on each floor shows a significant variation. This is particularly consequential in the case of a fire on a lower floor especially one that is growing fast

or had gone undetected for long before the evacuation began. For example, if the flashover time is said to be 1200 seconds, the number of occupants trapped will be greater in Figure 3a than it would have been if Figure 3b scenario is considered.

Table 1. Egress scenarios.

Egress Scenarios	Fire	Fire Floor	Number of occupants	Total Egress Time	Number of Casualties
Scenario A	no	-	1849	1766 secs	-
Scenario B	no	-	1849	1682 secs	-
Scenario C	yes	29th	1849	1143 secs	640
Scenario D	yes	6th	1849	1562 secs	1044

Another important point to observe is that evacuation from each floor begins before the occupants on the preceding floors are fully evacuated. Also, the rate of increase in time for first occupant evacuation from each floor is roughly linear. This implies that on each floor, after the occupants move horizontally to the stairs, the flow down the stairs within the queue formed, i.e. the entrance into the queue, is roughly the same. As with the hydraulic model, the queuing starts at the junction between the stairs and the corridors on each floor. On the other hand, the last occupant to evacuate from each floor varies nonlinearly owing to the change in density and conditions of the egress with time. Moreover, Figure 3a indicates that some amount of time is spent during conflict resolution which makes the Figure sparser. It might even be the case that an occupant remains stuck in a queue for an inordinately long time relative to their floor companions as the outlier on the first floor demonstrates.

Table 2. Assumed toxicity concentrations of temperature, heat and asphyxiants.

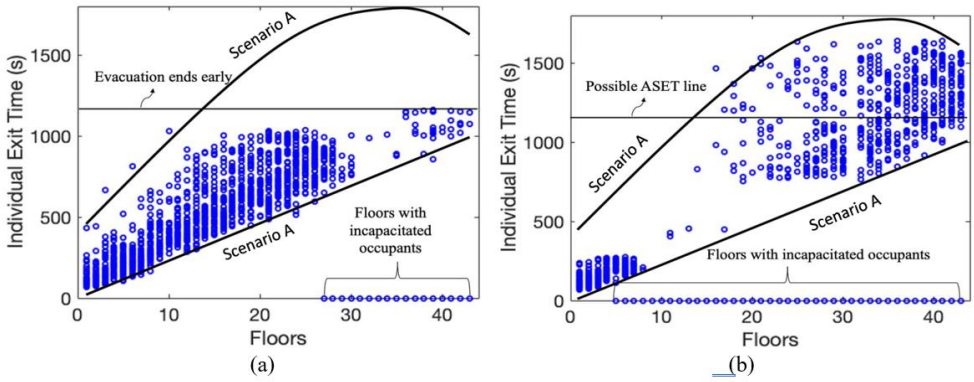
	Temp	Smoke	HCN	CO
Value at t = 0	20˚C	0	0	0
Value at t = 1000s	120˚C	43.5 OD/m	100 ppm	100 ppm
Value at t = 2000s	220˚C	87 OD/m	200 ppm	200 ppm

To investigate the effect of toxic gases on egress, simplified linear fire growth assumptions have been made regarding CO, CO_2, HCN and temperature whilst the

fire scenario was created. Table 1 shows the values at three particular time periods. Two fire locations are investigated, one of which fire is assumed to occur on the mechanical floor, where there was initially no occupant load. For Scenario C in Table 1, fire spreads from 29th floor space to the stairways. HCN and CO toxic gases are measured in particles per million (ppm) and smoke density is measured in optical density per meter (OD/m). As Figure 4a shows, with a null exit time of for occupants that have collapsed and are incapacitated (i.e. causalities), it can be observed that all of them are above floor 25. Interestingly, no occupant from floor 31 survives and occupants closest to the fire floor are the most affected. From the total of 1849 building occupants, fire on 29th floor has resulted in 35% casualties.

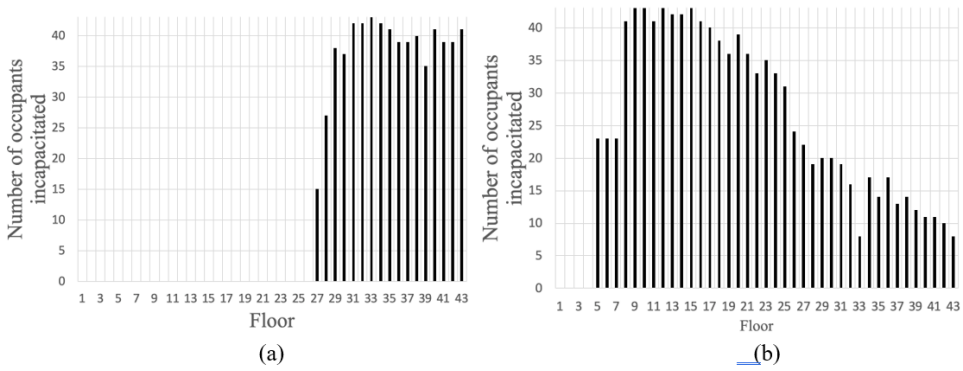
In Scenario D, the fire occurs on the 6th floor. As shown in Figure 4b, the number of causalities has jumped from 35% to 56%. For this scenario, the floor closest to the fire location experienced the maximum number of casualties as well. On some of the floors all the occupants are incapacitated before reaching safety. In addition to more casualties, the building evacuation took 25% longer for this scenario. This result indicates that occupants who slow down due to fire and smoke effects have also contributed significantly to the evacuation delay and queueing.

Fire effects in Scenario C can be compared with the egress scenario without a fire event (Scenario A). The total evacuation time has decreased by 35%. Occupants below fire location move with the same pace as in Egress Scenario A while some of those on floors above have been incapacitated during the process, and since they are the last to evacuate in any scenario, hence the shorter total evacuation time. For Scenario D, fire on 6th floor means that more occupants will be subjected to fire effluents, hence the casualties are found almost on each floor above the 6th floor. Their contribution to the queuing effect is preserved even though they do not make it out of the building. In other words, the major cause of their death may have been the toxicity of fire rather than insufficient evacuation time. The upper and lower range curves extrapolated from Scenarios A are superimposed on Figure 4a and Figure 4b. It is clearly observed that fire on upper floors leads to an overall shorter total evacuation time with casualties coming mostly from the upper floors while fire on lower floors leads to casualties on the floors mostly closer to the fire location but almost on each floor. Scenario D has an overall similar evacuation time compared with egress without fire event (Scenario A). This nugatory involvement in the evacuation has not aided those not intimate with fire to evacuate earlier. Rather, the overall shape of the egress range remained unchanged while the futile attempt of the incapacitated occupants remained inconsequential on the total evacuation time with substantial loss of lives. Figure 5 shows the distribution of the casualties for both Scenario C and Scenario D.



(a) (b)

Figure 4. Egress in high-rise residential building (a) Scenario C – fire on 29th floor and (b) Scenario D – fire on 6th floor.



(a) (b)

Figure 5. Distribution of incapacitated occupants for (a) Scenario C and (b) Scenario D.

5. CONCLUSION

This paper has explicated the concept of egress in a high-rise residential building and the present development in this research area. The influence of fire on evacuating occupants has been integrated into the egress analysis to produce a more realistic scenario of evacuation from the high-rise building during fire. The effects of fire

and fire location to the evacuation time and casualties have shown to be significant. Main conclusions are as in the following:

- For high-rise evacuation, time spent on each floor varies considerably, generally it increases non-linearly towards upper floors. This indicates larger RSET for upper floors, hence larger ASET is required for upper floors.
- The diversity of agility, drive and speed of occupants does not change the total evacuation time but it increases the average time spent on each floor.
- Fire floor creates casualties mostly on above and some on below floors but the affect is limited to several floors due to dilution of smoke and toxic gas effects. Occupants on upper floors are incapacitated as they pass stairs in fire floor range.
- Fire location changes the egress time as well as number of casualties considerably. Fire on lower floors increases casualties as well as egress time due to queuing effect of slowed down occupants on fire location to the occupants above.

There are complex interactive occupant variables with specific or joint effects on egress performance. The evacuation itself is a stochastic process and these variables should be treated as such in order to more appropriately describe this phenomenon. The occupant load derived from regulations, for example, vary from one code to another (Spearpoint and Hopkin, 2019). In another study, the historical sources of the deterministic occupant load values in other types of buildings have been questioned especially for use in a probabilistic study of the risk of fire to occupants (Hopkin *et. al.*, 2019).

For a city-wide risk assessment, more complex higher-order models considering other unique features of a tall residential buildings should be used to ensure the safety of tall buildings occupants. This represents an important step towards unraveling the best ways to improve life safety in high-rise buildings, which can be applied to further study the issue. Occupants need to be protected from fire because they are at risk of death if not by being trapped in a blazing building then of asphyxiation due to the effects resulted from the fire.

Acknowledgments

The author acknowledges Bogazici University Scientific Research Project BAP: 13084D and 1002-TUBITAK Project: 218M550, which provided the funding for this study.

REFERENCE

Blais M. S., Carpenter K. and Fernandez K. (2019). Comparative room burn study of furnished rooms from the United Kingdom, France and the United States. *Fire Technology*. https://doi.org/10.1007/s10694-019-00888-8.

Bryan J. (2002). A selected historical review of human behavior in fire. *Fire Protection Engineering*. 16(2002):4-10.

Bukowski R. W. (2009). Emergency egress from buildings, Part 1. NIST Technical Note 1623.

Craighead G. (2009). *High-Rise Security and Fire Life Safety*, 3rd Edition, Elsevier, Oxford, UK.

Dailymail (2012). Tragedy revisited: Haunting black-and-white images capture deadly 1980 MGM Grand Hotel Fire https://www.dailymail.co.uk/news/article-2190487/MGM-Grand-Hotel-Fire-Haunting-black-white-images-capture-deadly-blaze.html. Accessed on April 28, 2019.

Forssberg M., Mossberg A., Kjellström J. Frantzich H. and Nillson D. (2019). The variation in pre-movement time in building evacuation. *Fire Technology*. https://doi.org/10.1007/s10694-019-00881-1.

Galea E. R., Sharp G., Lawrence P. J. and Holden R. (2008). Investigating the representation of merging behaviour at the floor-stair interface in computer simulations of multi-floor building evacuations. *Journal of Fire Protection Engineering*, 18(4):291-316.

Galea E. R., Sauter M., Deere S. J. and Filippidis L. (2015). Investigating the impact of culture on evacuation response behaviour. In *Proceedings 6th International Symposium*, pp 351-360, Interscience Communications Ltd, London.

Gwynne S., Galea E. R., and Owen M., Lawrence P. J. and Filippidis L. (1999). A review of the methodologies used in the computer simulation of evacuation from the built environment. *Building and Environment*. 34(6):741-749.

Gwynne S. M. V., Kuligowski E. D. and Kinsey M. J (2015). Human Behaviour in fire – model development and application. In: *Proceedings of the 6th International Symposium on human behavior*, pp 23-34. Interscience Communications, Downing College, Cambridge, UK.

Hall J. R. (2004). How many people can be saved from home fires if given more time to escape?" *Fire Technology*, 40(2):117-126.

Hall J. R. (2013). High-rise building fires. *National Fire Protection Association*, Quincy, MA, USA.

Hopkin C., Spearpoint M., Hopkin D. and Wang Y. (2019). Residential occupant density distributions derived from English housing survey data. *Fire Safety Journal*. 102(2019):147-158.

Kobes M., Helsloot I., Vries B. D. and Post J. G. (2009). Building safety and human behaviour in fire. *Fire Safety Journal*. 45(1):1-11.

Lindell M. K. and Perry R.W. (2012). The protective action decision model: theoretical modifications and additional evidence. *Risk Analysis*. 32(4):616-632.

Lovreglio R., Ronchi Enrico and Nilsson D. (2016). An Evacuation Decision Model based on perceived risk, social and behavioural uncertainty. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 66:226-242.

Ma J., Song W. G., Tian W., Lo S. M. and Liao G. X. (2012). Experimental study on an ultra-high-rise building evacuation in China. *Safety Science*. 50(8):1666-1674.

McConnell N. C., Boyce K. E., Shields J., Galea E. R., Day R. C. and Hulse L. M. (2009). The UK 9/11 evacuation study: Analysis of survivors' recognition and response phase in WTC1. *Fire Safety Journal*. 45(2010):21-34.

Özkaya A. (2001). A qualitative approach to children of developing countries from human behaviour in fire aspect. In *Proceedings of the Second International Symposium on Human Behaviour in Fire*, pp 531-538. MIT, Boston, USA.

Oven V. A. and Cakaci N. (2008). Modelling the evacuation of a high-rise office building in Istanbul. *Fire Safety Journal*. 44(2009):1-15.

Pauls J. (1987). Calculating evacuation times for tall buildings. *Fire Safety Journal*. 12:213-236.

Pauls J. L., Fruin J. J. and Zupan J. M. (2005). Minimum stair width for Evacuation, overtaking movement and counter flow – Technical Bases and Suggestions for the Past Present and Future. In *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, pp 57-69, Springer. Berlin Heidelberg.

Peacock R. D., Reneke P. A., Bukowski R. W. and Babrauskas V. (1999). Defining flashover or fire hazard calculation. *Fire Safety Journal*. 32(1999):331-45.

Purser D.A. and Bensilum M. (2001). Quantification of behaviour for engineering design standards and escape time calculations. *Safety Science*. 38(2):157-182.

Ronchi E. and Nilsson D. (2013). Fire evacuation in high-rise buildings: a review of human behaviour and modelling research. *Fire Science Reviews*. 2:7.

Ronchi E. and Nilsson D. (2014). Modelling total evacuation strategies for high-rise buildings. *Building Simulation*. 7(1):73-87.

SFPE Task Group (2019). *SFPE Guide to human behavior in fire*, 2nd Edition, Springer, Gaithersburg, Maryland, USA.

Shi L., Xie Q., Cheng X., Cheng L., Zhou Y. and Zhang R. (2008). Developing a database for emergency evacuation model. *Building and Environment*. 44(2009):1724-1849.

Spearpoint M. and Hopkin C. (2019). A review of current and historical occupant load factors for mercantile occupancies. In *3rd European Symposium on Fire Safety Science*, Journal of Physics Conf Series 1107 (2018) 072005.

Wang J., Hua J., Kumar K. and Kumar S. (2005). Evaluation of CFD modeling methods for fire-induced airflow in a room. *Journal of fire Sciences*. 24(2006):393-411.

MİNİBÜS TAŞIMACILIĞINDA DİNAMİK ÇİZELGELEME MODELİ

Dr. Onur ŞAHİN
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖZET: Gelişmiş ülkelerde toplu taşıma hizmetinin büyük bir kısmı devlet tarafından sağlanmaktadır. Fakat toplu taşıma sektöründe özerk yönetilen özel işletmeler taradından da hizmet sunulmaktadır. Devlet tarafından konulan belli düzenleme ve uygulamalar olmasına karşın, iç yönetimlerinde bu özel kuruluşlar kendi sorumluluklarına sahiptirler. Türkiye de minibüs taşımacılığı özel işletmeciler olan esnaflar tarafından sağlanmaktadır. Bu çalışmada minibüs taşımacılığının tarihsel süreçteki gelişimi ve mevcut işleyişi ele alınmıştır. Sistemdeki her bir minibüs sahibi farklı bir esnaf olduğu için, işletme süreci bir takım sıkıntılar teşkil etmektedir. Öncelikle sorun olarak gelirin eşit dağılımı problemi bulunmaktadır. Kazançlar net olarak belirlenemediği için ortak bir gelir havuzu oluşturulması mümkün değildir. Genellikle, yolcu taşımacılığı yapılan farklı coğrafi bölgeleri temsilen, minibüs federasyonları oluşturulmaktadır. Bu coğrafi bölgenin büyüklüğüne ve son duraklar sayısına bağlı olarak, farklı büyüklükte ulaşım ağları bulunmaktadır. Her güzergâhın getirisi veyahut aynı güzergâh içerisindeki saatlik kazançlar farklı olabildiği için, minibüslerin haftalık ve saatlik çalışma düzenlerinin oluşturulması büyük bir sorumluluk teşkil etmektedir. Önerilen dinamik çizelgeleme modeli öncesinde, haftalık çizelgeler şeklinde üretilen dağılım ve işleyiş tablosu elle hazırlanmakta ve en fazla 3 ya da 4 haftalık bir süreci göz önünde bulundurarak üretilebilmekte bunun neticesinde de uzun vadede eşit dağılımı mümkün kılamayacak sorunlar teşkil etmekteydi. Yeni önerilen dinamik çizelgeleme modeli sayesinde, uzun vadede gelirler arasında eşit dağılımın sağlandığı ve modelin işletmeci esnaf şikâyetlerini azalttığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ulaştırma, Dinamik Çizelgeleme, Minibüs, Toplu taşıma

A Dynamic Scheduling Model for Minibus Transportation

ABSTRACT: Majority of public transportation services are provided by government in developed countries. However, there are also private public transportation services which are autonomously directed. Although there are certain rules and regulations directed by the government, these companies and their actions are on their own responsibility. Minibus transportation service is

provided by private craft in Turkey. In this study, historical background of the minibus transportation and its current operational process is investigated. Since each vehicle in the system represents a private craftsman, the operational process is challenging. It requires distribution of incomes equally. Due to uncertainty of incomes, there is not a possibility to create a cash pooling system. In Turkey, there are many different Minibus federations. Each federation represents a geographic region in which they carry passengers. The network might be very small or very large, depending upon the number of the terminals in the network. Due to variances in the transportation demands the vehicles do not run on the same route all the time. The demand defines the income levels for each route in the network and some income levels are relatively higher than the others. Therefore, it creates a scheduling problem. Before the implementation of the proposed dynamic scheduling, the vehicles were being distributed to the routes of network manually. This was causing a big problem because the people who held the responsibility to create the schedules every week were able to check the schedules of at most 4 or 5 weeks manually. The distribution of vehicles means the distribution of incomes in the network. Hence, in order to be fairer in distribution a computer based dynamic scheduling model is proposed and implemented for a pilot federation. The model reduced the complaints of craftsman about the schedules and provided equality in sharing the incomes of the network.

Keywords: Transportation, Dynamic Schedule, Minibus, Public Transport

1.INTRODUCTION

Minibus transportation is a relatively old type of transportation mode. Especially in rural areas and in the pre-historical developments of transportation systems in urban areas, minibus transportation is expected as a milestone.

In 1950 the president Adnan Menderes suggested to use public transportation modes in Istanbul especially minibuses. Within this purpose the main highways are expanded and historical atmosphere of the city damaged. Then in 1960’s the minibuses was everywhere in the city. Due to their increased mobility and ease of access people preferred to travel with minibuses. The lack of private vehicles and need for transportation made minibuses a very important component of commuters life.

Figure 1: Old type minibuses (www.wowturkey.com)

In the following years the government provided alternative transportation modes such as tramway, metro and long buses. However, the increase in the population and need for transportation was much beyond the provided services. These circumstances caused minibuses to be in the daily life for a longer period. Today even in the urban areas there are thousands of minibuses still providing transportation. The integration of minibuses to the developing cities was a little bit challenging. Because each minibus represents a different owner and government regulations and interventions are severely protested by these owners. Eventually, in Istanbul the mayor forced minibuses to work outside the city center. Their routes are changed by using law enforcement. Currenty, the minibuses mostly operate in the outer edges of the city center where the location are accepted as rural.

The minibus organizations are established and they accept a self-governing style. Which is the main problem between the municipality and the minibus organizations. Because the schedule, operational hours, service days, continuity in services and passenger centralized transportation is not very feasible with minibuses. There is not a back up system, for example in in a route 5 minibuses is operating and if two of them is out of service due to maintenance that measn only 3 vehicles will provide service. This situation increases the waiting time in the stops and increases the total travel time and cause a decrease in the trust of passengers. In this study, the scheduling problem of minibus organizations is considered and a computer based dynamic scheduling model is suggested.

2. PROBLEM IDENTIFICATION

In previosu years due to lack of vehicles, minibuses did not require a schedule. People were aware of the hours and they have to be in the line waiting for a minibus.

The system was almost same as a airport, in especially rural areas people were waiting in minibus terminals for up to 2 hours. However in the following years the number of minibuses increased and then government provided official licence to these vehicles and introduced them as officially to the public. Each minibus represents a different owner and these owners are free to operate their minibuses. This situation causes a chaos and disorder, where one of the basic components of the transportation system is the order. For example, which minibus will take the first service, and when the first service will start exactly, these were the basic problems of minibus scheduling services. However the biggest problem is due to economic considerations in other words the distribution of income in the route. The minibus organizations consists of minibuses varying from 50 to 400 vehicles, and there are different terminals on an organization's route. The demands for transportation are different between different terminals, and minibus owners have the knowledge about which route provides the higher income level. Therefore, in order to provide an order and distribute the incomes equally. There should be a schedule and the minibuses who disobey this official schedule created by the minibus federation should be punished. This is the only solution in order to provide a continuity in all routes. The schedule has been planning without using any computer program and 2 persons was responsible for the planning. They were able to check the schedules of 4 – 5 weeks of past while planning the next schedule. Which causes an inequality in distribution of incomes and some of the minibus owners were protesting the federations schedules if they are not in the list of higher income routes.

3. DATA

The minibus federation was looking for a professional solution to this problem. The current scheduling system was not sustainable due to insufficient back up. In order to provide an optimum solution the data is gathered for 3 months. The data include the total distance of a route, the number of the required vehicles depending upon the demand, the change in the week days and weekends, the total possible service tours in a day. Because the number of the tours decide about the income level. If a minibus is a head starter in the list it provides one extra service tour and increases the daily income. The data is gathered within a short period in order to exclude the changes in the gasoline prices and transportation fee changes.

3.1. Study Area

The study area covers a rural area in the northwest of the city. There are 13 routes between terminals with various trip generations. The routes passes through the

center of Arnavutkoy County. One edge of the routes is in the city center is Edirnekapi, which has the longest route length and highest income level. It causes many problems because the minibus owners always keep looking for providing service in Edirnakapi route. There are totally 122 minibuses serving on A-15 minibus zone. The federation rules and schedules for the minibuses working on A -15 zone.

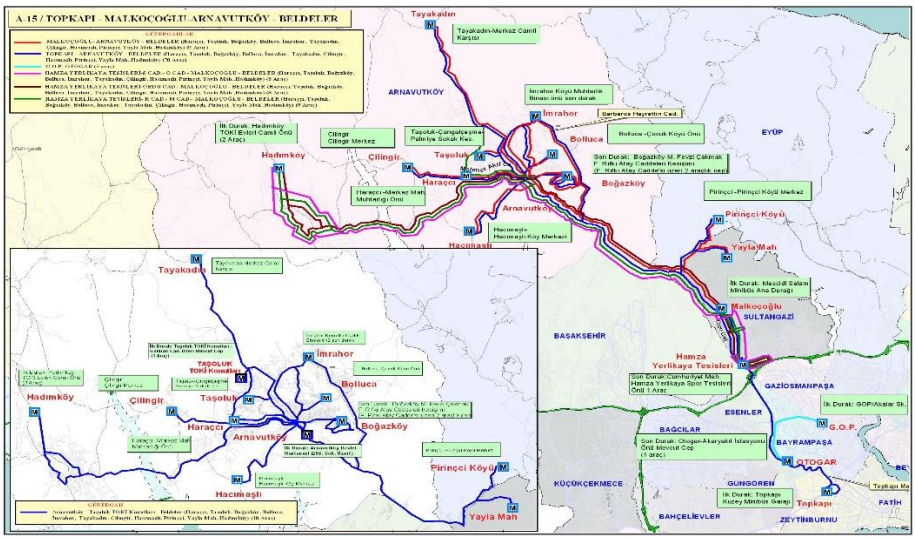
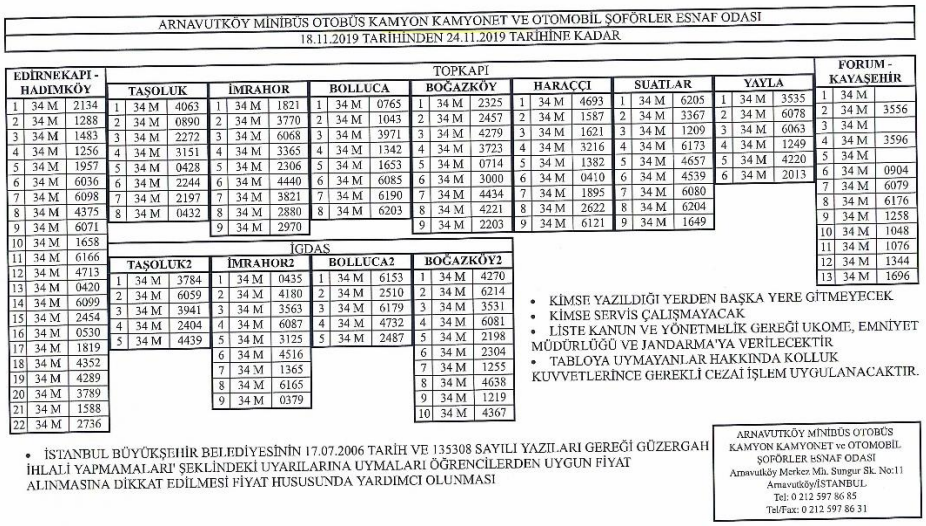


Figure 1. The route and terminals of the A – 15 Minibus Zone (ibb.istanbul .com, 2019)

4. PROPOSED DYNAMIC SCHEDULING MODEL

The collected data is analyzed and then the required number of minibuses which provides an approximate equality in the distribution of the incomes is designed. The dynamic model, provides a point to each minibus and sum them in a separate page. For example the highest income level is 10, which is Edirnekapi route, if a minibus is listed in there it gets 10 points directly. The list is produces for one week. And each minibus in the vehicle move to second place in the following days. For example if a minibus is working as a head starter in Edirnekapi route on Monday, on Tuesday it will start in the end of the list for the Edirnakapi route. Then the list keeps turning until Sunday. For the next week the dynamic model calculate the total points of the minibuses and distribute them to the routes. After a certain time period it is observed that the total points of the minibuses are mostly equal to each other and in one year the number of the total weeks that they work on Edirnekapı route is almost equal to each other.



ARNAVUTKÖY MİNİBÜS OTOBÜS KAMYON KAMYONET VE OTOMOBİL ŞOFÖRLER ESNAF ODASI
18.11.2019 TARİHİNDEN 24.11.2019 TARİHİNE KADAR

EDİRNEKAPI - HADIMKÖY		
1	34 M	2134
2	34 M	1288
3	34 M	1483
4	34 M	1256
5	34 M	1957
6	34 M	6036
7	34 M	6098
8	34 M	4375
9	34 M	6071
10	34 M	1658
11	34 M	6166
12	34 M	4713
13	34 M	0420
14	34 M	6099
15	34 M	2454
16	34 M	0530
17	34 M	1819
18	34 M	4352
19	34 M	4289
20	34 M	3789
21	34 M	1588
22	34 M	2736

TOPKAPI

TAŞOLUK		
1	34 M	4063
2	34 M	0890
3	34 M	2272
4	34 M	3151
5	34 M	0428
6	34 M	2244
7	34 M	2197
8	34 M	0432

İMRAHOR		
1	34 M	1821
2	34 M	3770
3	34 M	6068
4	34 M	3365
5	34 M	2306
6	34 M	4440
7	34 M	3821
8	34 M	2880
9	34 M	2970

BOLLUCA		
1	34 M	0765
2	34 M	1043
3	34 M	3971
4	34 M	1342
5	34 M	1653
6	34 M	6085
7	34 M	6190
8	34 M	6203

BOĞAZKÖY		
1	34 M	2325
2	34 M	2457
3	34 M	4279
4	34 M	3723
5	34 M	0714
6	34 M	3000
7	34 M	4434
8	34 M	4221
9	34 M	2203

HARAÇÇI		
1	34 M	4693
2	34 M	1587
3	34 M	1621
4	34 M	3216
5	34 M	1382
6	34 M	0410
7	34 M	1895
8	34 M	2622
9	34 M	6121

SUATLAR		
1	34 M	6205
2	34 M	3367
3	34 M	1209
4	34 M	6173
5	34 M	4657
6	34 M	4539
7	34 M	6080
8	34 M	6204
9	34 M	1649

YAYLA		
1	34 M	3535
2	34 M	6078
3	34 M	6063
4	34 M	1249
5	34 M	4220
6	34 M	2013

FORUM - KAYAŞEHİR		
1	34 M	
2	34 M	3556
3	34 M	
4	34 M	3596
5	34 M	
6	34 M	0904
7	34 M	6079
8	34 M	6176
9	34 M	1258
10	34 M	1048
11	34 M	1076
12	34 M	1344
13	34 M	1696

İGDAŞ

TAŞOLUK2		
1	34 M	3784
2	34 M	6059
3	34 M	3941
4	34 M	2404
5	34 M	4439

İMRAHOR2		
1	34 M	0435
2	34 M	4180
3	34 M	3563
4	34 M	6087
5	34 M	3125
6	34 M	4516
7	34 M	1365
8	34 M	6165
9	34 M	0379

BOLLUCA2		
1	34 M	6153
2	34 M	2510
3	34 M	6179
4	34 M	4732
5	34 M	2487

BOĞAZKÖY2		
1	34 M	4270
2	34 M	6214
3	34 M	3531
4	34 M	6081
5	34 M	2198
6	34 M	2304
7	34 M	1255
8	34 M	4638
9	34 M	1219
10	34 M	4367

- KİMSE YAZILDIĞI YERDEN BAŞKA YERE GİTMEYECEK
- KİMSE SERVİS ÇALIŞMAYACAK
- LİSTE KANUN VE YÖNETMELİK GEREĞİ UKOME, EMNİYET MÜDÜRLÜĞÜ VE JANDARMA'YA VERİLECEKTİR
- TABLOYA UYMAYANLAR HAKKINDA KOLLUK KUVVETLERİNCE GEREKLİ CEZAİ İŞLEM UYGULANACAKTIR.

- İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİNİN 17.07.2006 TARİH VE 135308 SAYILI YAZILARI GEREĞİ GÜZERGAH İHLALİ YAPMAMALARI' ŞEKLİNDEKİ UYARILARINA UYMALARI ÖĞRENCİLERDEN UYGUN FİYAT ALINMASINA DİKKAT EDİLMESİ FİYAT HUSUSUNDA YARDIMCI OLUNMASI

ARNAVUTKÖY MİNİBÜS OTOBÜS KAMYON KAMYONET ve OTOMOBİL ŞOFÖRLER ESNAF ODASI
Arnavutköy Merkez Mh. Sungur Sk. No:11
Arnavutköy/İSTANBUL
Tel: 0 212 597 86 85
Tel/Fax: 0 212 597 86 31

Figure 2: A sample of the distributed schedule to the Minibus owners.

5. CONCLUSION

By performing this dynamic schedule to the minibus federation, the lists became more professional and organized. The list is designed by considering the income distribution and the total length of the routes. Also, computer based program helped the minibus federation to keep the schedules of the previous weeks allowing them to compare and analyze the distributions.

This solution is uploaded to website which has only private access to the minibus federation. They can reach their weekly schedule and if they have any complaints they can observe the number of total points for each vehicle. The optimum list for 122 vehicles have been provided for almost 2 years and it is observed that the number of the complaints dractically dropped and the time for solving problems and dealing with complaints is reduced. Also the time spent for producing a new schedule is reduced which lead to need for less human power and invention.

This suggested dynamic scheduling program can be adjusted to other minibus zones than A -15. It was a pilot zone and its success is huge. There are some necessary improvements on the other hand, for example, if a minibus needs maintenance during a week and if it is on a high demand route such as Edirnekapi route, the replacements is a problem. Because it effects the pointing system of the program directly, currently this problem is solved by manual intervention to produced lists without entering any change information to the program. However, an automatic replacement technique will be attached to the program soon.

REFERENCES

A.M. Öncü Yıldız, (2017). 20. Yüzyılda Ankara'nın Kentsel Yapısı ve Ulaşım Sistemindeki Gelişmeler, Journal of Ankara Studies

Kahraman, R. (2010) . "Kentiçi trafiğinde minibus ve istanbul örneği analizi" Bahçeşehir Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi.

Toplu ulaşımda minibüs takip sistemi devri, November 2019

https://www.ibb.istanbul/News/Detail/33877" accessed in 5th November 2019.

Saatçioğlu, C., Yaşarlar, Y. (2012). "Kentiçi Ulaşımda Toplu Taşımacılık Sistemleri: İstanbul Örneği" KAÜ-İİBF DERGİSİ, CİLT: 3, SAYI: 3.

FARKLI ZEMİN TİPLERİNDE ŞAFT DAVRANIŞININ NÜMERİK ANALİZLERLE İNCELENMESİ

Hüseyin ÜNLÜ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Saadet Arzu BERİLGEN
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖZET: Hızla artan şehir nüfusu ile birlikte sürdürülebilir ve etkili altyapı tesislerine olan ihtiyaçta artmıştır. Bu tesislerin imalatı için derin kazı uygulamalarına sıklıkla başvurulmaktadır. Dairesel kazılar sağladığı bir takım yapısal avantajlar nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Eksenel simetrinin söz konusu olduğu dairesel şaft kazılarında düzlem şekil değiştirme kabulüne kıyasla iç destek elemanlarına olan ihtiyaç azalmaktadır. Böylece hem maliyet azalmakta hem de inşaat faaliyetleri için alan kazanılmış olmaktadır. Sağladığı avantajların aksine dairesel şaftlarla ilgili literatürde yer alan çalışmalar kısıtlıdır. Bu çalışmanın amacı kum zeminde inşa edilen segmental şaftın mukavemet parametresindeki değişimin duvar üzerinde normal kuvvet, kesme kuvveti, eğilme momenti, çevre eksenel kuvveti, duvar ve zemin deplasmanları üzerindeki etkisini incelemektir. Kum zeminin Ø=24°, Ø=27°, Ø=30°, Ø=33°, Ø=36° olduğu durumlar için Plaxis2D sonlu eleman yazılımı ile 5 farklı analiz yapılmış ve sonuçlar grafikler üzerinde gösterilerek değerlendirilmiştir. Hesaplarda duvar arkasında 1 metre geriden başlayan 3 metre genişliğinde 10kPa'lık bir sürşarj yükü göz önüne alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Dairesel şaft, eksenel simetri, sonlu elemanlar yöntemi, plaxis

Numerical Analysis of Shafts in Different Soil Types

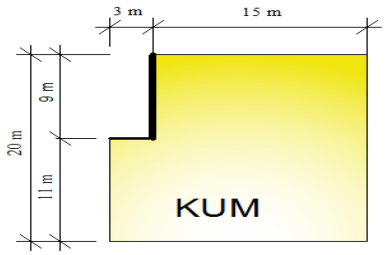
ABSTRACT: As a result of increasing city population, the need for efficient infrastructure systems is rising. For the construction of these facilities, deep excavation applications are often used. Circular excavations are preferred because of its large structural stiffness. In circular excavations in which axial symmetry situation take place, the need for lateral support elements is decreasing significantly compared to plane-strain situation. Therefore it provides more economic solutions and more space for construction activities. In spite of its benefits, little attention has been paid to the performance of circular shafts. The purpose of this study is to determine the structural forces -axial force, hoop

force, shear force, bending moment- acting on the shaft wall and ground movements for different soil strength parameters in a sandy soil. 5 numerical analysis are performed in Plaxis2D finite element software for different internal friction angles Ø=24°, Ø=27°, Ø=30°, Ø=33°, Ø=36° and the result are shown with graphics. A surcharge of 10kPa is considered in calculations which starts from 1 meter behind the wall and has 3 meters length.

Keywords: Circular shaft, axial symmetry, finite elements method, plaxis

1. GİRİŞ VE YÖNTEM

Çalışmada incelenen şaft 6 m çaptadır ve 9 metre kazı derinliği vardır. İstinat yapısı olarak 0,30 m kalınlığında prefabrik betonarme paneller, taban döşemesi içinse 0,15 m kalınlığında betonarme döşeme kullanılmıştır.



Şekil 1. Zemin Profili

Kazı çalışması her defasında 1,5 m olmak üzere toplam 6 aşamada olacak şekilde programa tanıtılmıştır. Yer altı suyu hesaplarda göz önüne alınmayıp zemininin kuru olduğu varsayılmıştır. Analiz öncesi sistem mesh edilerek 15 düğüm noktalı üçgen elemanlara bölünmüştür.

Tablo 1. Duvar yapısal parametreleri

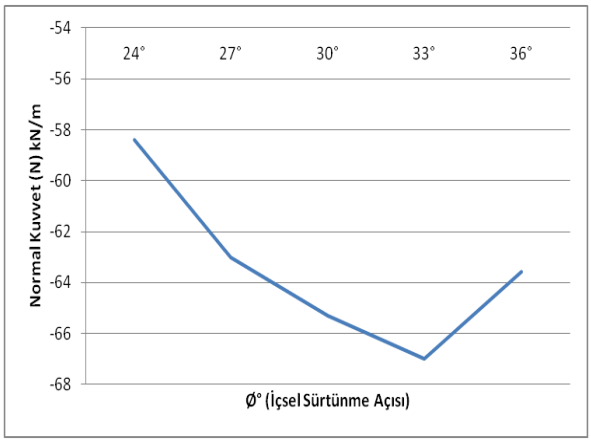
	EA (kN/m)	EI (kNm²/m)	w (kN/m/m)	□
Betonarme Segment C40/50	10500000	78750	4,8	0,2
Taban Döşemesi C16/20	4125000	7734	2,4	0,2

Tablo 2. Zemin parametreleri

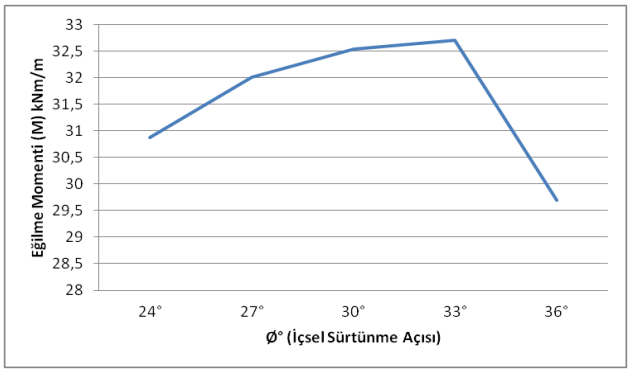
	1. Analiz	2. Analiz	3. Analiz	4. Analiz	5. Analiz
Malzeme Modeli	Mohr - Co-ulomb	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb
Drenaj Tipi	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı
γ_{sat}	20	20	20	20	20
γ_{unsat}	18	18	18	18	18
E'	10500	14000	17500	21000	24500
ν'	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
c'	1	1	1	1	1
φ'	24	27	30	33	36
Ψ	0	0	0	0	0
Arayüz Mukavemeti	Manuel	Manuel	Manuel	Manuel	Manuel
Arayüz Mukavemet Azaltma Katsayısı (R_{in-ter})	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
K_o	Auto.	Auto.	Auto.	Auto.	Auto.

2. SONUÇLAR

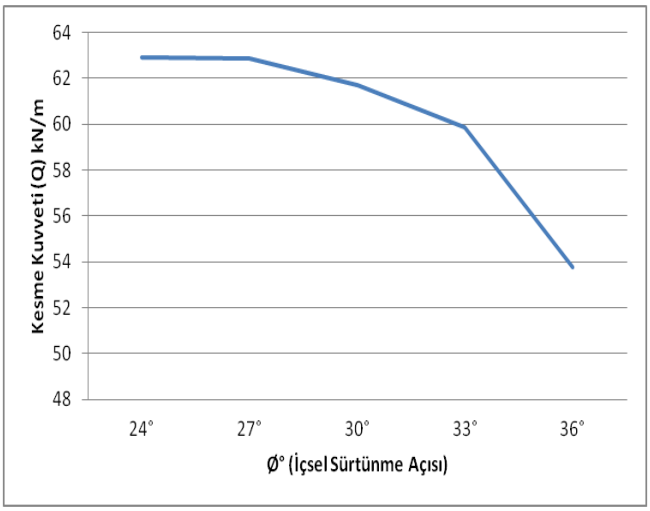
Beş farklı içsel sürtünme açısı değeri için yapılan analizler sonunda iç kuvvet ve deplasman değerlerinde meydana gelen değişim grafiklerle gösterilmiştir.



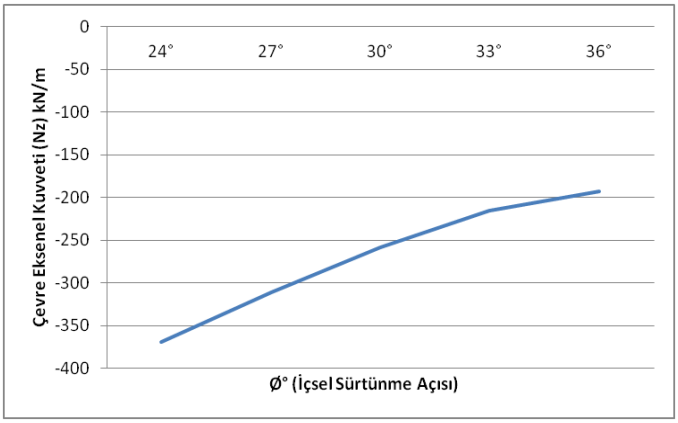
Şekil 2. İçsel sürtünme açışı-Normal kuvvet ilişkisi



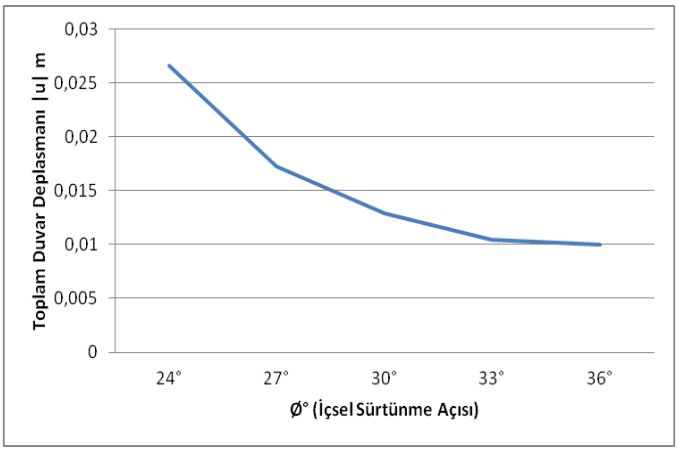
Şekil 3. İçsel sürtünme açışı-Duvar eğilme momenti ilişkisi



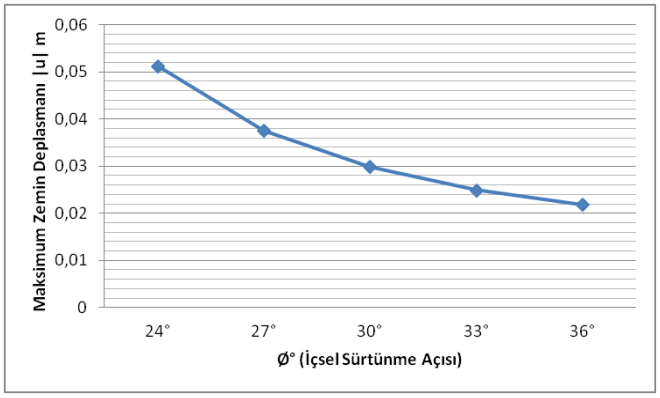
Şekil 4. İçsel sürtünme açışı-Kesme kuvveti ilişkisi



Şekil 5. İçsel sürtünme açışı-Çevre eksenel kuvveti ilişkisi



Şekil 6. İçsel sürtünme açışı-Duvar deplasmanı ilişkisi



Şekil 7. İçsel sürtünme açışı-Zemin deplasmanı ilişkisi

İçsel sürtünme açışındaki artışın zeminde meydana gelen deplasmanlara etkisi incelendiğinde deplasman değerlerinde sırasıyla %26, %20, %16 ve %12'lik azalma olduğu görülmektedir. Deplasman değerlerindeki azalma zamanla yavaşlamıştır.

Duvara etkiyen normal kuvvetlerde f=33° değerine kadar %12'lik bir artış, f=36° değerindeyse %5'lik bir azalma görülmüştür.

Eğilme momenti değeri ise f=33° değerine kadar artarken f=36° değerine çıkıldığında azalmıştır.

Kesme kuvveti değerlerindeki düşüşün ise artan bir hızda gerçekleştiği görülmüştür.

Şaft kaplamasında dairesel geometriden kaynaklı meydana gelecek çevresel normal gerilmeler içsel sürtünme açısının artmasıyla azalmıştır. %48 oranında azalma gösteren çevre eksenel kuvvet, zemin mukavemeti değişimine karşı en hassas parametre olarak karşımıza çıkmıştır.

İçsel sürtünme açısındaki değişimin toplam duvar deplasmanı üzerindeki etkisi incelendiğinde ise f değerleri attıkça duvar deplasmanın azaldığı ancak f=33° değerinden sonra deplasman değerindeki düşüş hızında azalma olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak içsel sürtünme açısı değerindeki artışın duvardaki iç kuvvetlerde, duvar ve zemin deplasmanlarında azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Schwamp T. (2014). Performance Monitoring and Numerical Modelling pf a Deep Circular Excavation. University of Cambridge, Cambridge.

Yun T. R. (2004). Numerical Study of a Large Diameter Shaft in Old Alluvium. National University of Singapore, Singapore.

Papadopoulos D. (2014). Analysis of Circular Ventilation Shaft With 2D and 3D Finite Element Models. National Technical University of Athens, Athens.

NARX VE RELİEFF YÖNTEMLERİNİN KOMBİNASYONU İLE SAATLİK YÜK TAHMİNİ

Dr. Öğrt. Ü. Emre AKARSLAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Prof. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi

ÖZET: Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması, farklı kaynakların ihtiyaç sebebiyle şebekeye dahil edilmesi, enerji sistemlerinin doğru yönetimini zorunlu kılmıştır. Bununla beraber tüketim tarafının da yönetilmesi gerekir. Etkin bir yönetim için ise yük talebinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi gerekir. Bu çalışmada Afyon Kocatepe Üniversitesi ana kampüs alanına ait saatlik olarak toplanan elektrik tüketimi verileri modelleme için kullanılmıştır. Bu verinin modellenmesinde tüketimin gerçekleştiği saat, gün, ay ve mevsim gibi zamana dayalı veriler de kullanılmıştır. Kullanılan yöntemde öncelikle Relieff algoritması yardımıyla mevcut girdilerden tüketim verisiyle en yüksek ilişkiye sahip olan veriler belirlenmiştir. Sonrasında ise NARX (Nonlinear Auto Regressive with Exogeneus inputs) yöntemi kullanılarak tüketim verisi modellenmiş ve saatlik tahminler gerçekleştirilmiştir. Seçilen özniteliklerin tahmin başarısına olan etkisi incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Ayrıca, gerçekleştirilen deney sonuçları, kullanılan yöntemin yük modellemede oldukça başarılı sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yük tahmini, NARX, Relieff Metot

Hourly Load Forecasting Using a Combination of NARX and Relieff Methods

ABSTRACT: Due to the increase in the use of renewable energy sources and the inclusion of different sources in the network, made it necessary to manage energy systems, properly. However, the consumption side also needs to be managed. For effective management, demand for the load needs to be predicted, accurately. In this study, hourly collected electricity consumption data of Afyon Kocatepe University main campus area are intended to model. Time-based data such as hours, days, months and seasons of consumption are used in the modeling. In the method first, the data having the highest relation with consumption are determined from the existing inputs by Relieff algorithm. Then, hourly estimations are performed by modeling consumption data using NARX (nonlinear automatic regression with Exogeneus inputs) method. The

effect of selected characteristics on predictive success is examined and evaluated. In addition, experimental results showed that the method used is very successful in modelling.

Keywords: Load forecasting, NARX, Relieff Method

1. GİRİŞ

Üretimin etkin bir şekilde değerlendirilebilmesi için tüketimin hangi zaman aralığında ne kadar olacağını belirlemek kritiktir. Bu sebeple bir şebeke yönetilirken, kısa dönem içerisinde yükün ne olacağının tahmin edilmesi üzerine yapılan çalışmalar oldukça önemlidir. Literatürde bu alanda yapılmış pek çok çalışma vardır. Zhang vd (2019) yaptıkları çalışmada çoklu doğrusal regresyon, rastgele ormanlar (random forests) ve gradyan artırılması (gradient boosting) yöntemlerini kullanarak Kuzey California için saatlik yük tahmini üzerine çalışmışlardır. Hava sıcaklığı, tatil zamanı, ay, önceki haftaki tüketim verileri gibi bir takım yardımcı parametrelerin kullanıldığı çalışmada tüm modellerde %3 civarında doğrulukla tahminler gerçekleştirilmiştir.

Yang vd. (2019) yeni bir derin topluluk öğrenme tabanlı olasılıksal yük tahmin (deep ensemble learning based probabilistic load forecasting framework) algoritması önermişlerdir.

Bu algoritma, görevin anlaşılmasına entegre edilmiş farklı müşteri gruplarının profillerini kullanır. İrlanda'da açık erişim veri seti üzerinde yapılan çalışmalar, önerilen algoritmanın etkinliğini göstermiştir. Vieira vd (2020) yaptıkları çalışmada, belirli bir bölgedeki komşu etkilerini simüle etmek için uygulanan mekansal konvolüsyona dayalı mekansal elektrik yükü tahmini için yeni bir algoritma sunmaktadır. Uzay alanında, uzaysal konvolusyon, düğümler arasındaki bağlantıyı ve konvolusyon matrisinin ağırlıkları, komşuların göreceli etkisini tanımlar. Yapılan çalışmalar, bu metodolojinin hesaplama açısından çok etkili olduğunu ve büyük veri kümeleri için oldukça yeterli olduğunu göstermiştir. Imani ve Ghassemian (2019) yaptıkları çalışmada kısa dönem yük tahmini için derin öğrenme (deep learning) kullanmışlardır. Ayrıca önerilen yöntemde öznitelik seçimi için ise dalgacık dönüşümünü (wavelet transform) tahmin sistemine entegre etmişlerdir. Yapılan çalışmada, gecikmeli yük değişkeni vektöründen çıkarılan yük özniteliklerinin, özellikle ekstra cihaz yük verileriyle üstün tahmin performansı sağladığı görülmüştür.

Pirbazari vd. (2019) kısa dönem yük tahmini için farklı öznitelik seçim yöntemlerinin performanslarını araştırmışlardır. Bu kapsamda F-regresyon (F-regres-

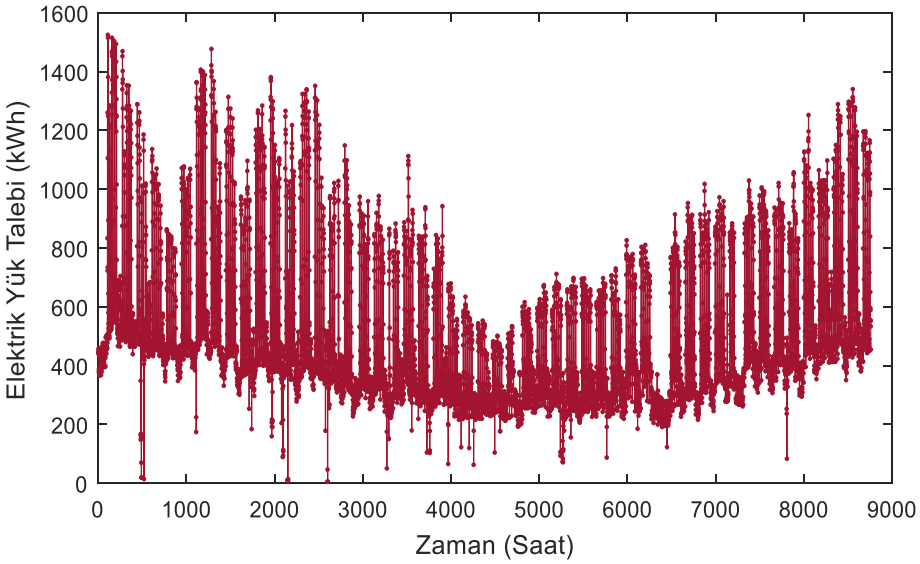
sion), Karşılıklı Bilgi (Mutual Information), Özyinelemeli Özniteliklerin Eliminasyonu (Recursive Feature Elimination) ve Elastik Ağ (Elastic Net.) öznitelik yöntemlerinin performansları incelenmiştir. Test sonuçları, tüm öznitelik seçim yöntemlerinin her hane için oldukça ilgili özelliklerden oluşan bir alt kümeyi tanımlayabileceğini göstermiştir. Liu vd. (2019) yaptıkları çalışmada yağış, sıcaklık, üretim kapasitesi vb. gibi özniteliklerin güç yükü tahmini üzerindeki gecikme etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada sadece yük ile en çok ilişkili öznitelikler değil, aynı zamanda öznitelik ile yük arasındaki gecikmiş etkiyi de içeren etkili bir altküme belirlenmiştir. Yapılan çalışmada öznitelik seçimi ile hem tahmin hatası hem de tahmin zamanı azaltılmıştır. Abedinia vd. (2016) elektrik güç sistemlerinde yük ve fiyat tahmini için yeni bir öznitelik seçim yöntemi önermişlerdir. Önerilen yöntemin önemli bir katkısı, özellik seçimi için bilgi-teorik ölçütlere dayalı olarak ilgililik ve fazlalığa ek olarak etkileşimin modellenmesidir. Hibrit filtre-sargı (hybrid filter-wrapper) yöntemi ile aday girdilerin koordineli bir şekilde uygunluğu, fazlalığı ve etkileşimi göz önünde bulundurarak en bilgilendirici özniteliklerin minimum bir alt kümesi seçilir. Li vd. (2015) yaptıkları çalışmada kısa dönem yük tahmini için Dalgacık Tabanlı Topluluk Yöntemini (Wavelet-Based Ensemble Method) kullanmışlardır. Yöntemde, sinir ağlarının öğrenme doğruluğunu arttırmak için ELM ve Levenberg-Marquardt yöntemini harmanlayan bir karma öğrenme algoritması önerilmiştir. Ayrıca öngörme modeli için kompakt bir girdi değişkenleri kümesi seçmek için koşullu karşılıklı bilgilere dayanan bir öznitelik seçim yöntemi geliştirilmiştir. Deney sonuçları önerilen yöntemin geleneksel yöntemlerden daha başarılı tahmin sonuçları sağladığını göstermiştir.

Bu çalışmada ise yük tahmininde öznitelik seçmenin tahmin başarısına olan etkisi incelenmiştir. Afyon Kocatepe Üniversitesi ANS kampüsü yerleşkesine ait iki yıllık saatlik yük talebi kullanılmış ve bu verinin daha başarılı modellenmesi için özniteliklerden daha ilgili olanlar seçilmeye çalışılmıştır. Çalışmada NARX (Nonlinear Auto Regressive with Exogeneus inputs) yöntemi yük tahmini için kullanılmış, öznitelik seçimi için ise Relieff yöntemi tercih edilmiştir. Relieff ile her bir özniteliğin önemi puanlanmış ve bu puanlamaya göre seçilen özniteliklerin tahmin başarısına etkisi araştırılmıştır.

2. KULLANILAN VERİLER

Bu çalışmada Afyon Kocatepe Üniversitesi ana kampüs bölgesine ait saatlik yük talebi verileri incelenmiştir. Kampüs alanı içerisinde eğitim binalarından konferans salonuna, spor salonundan laboratuvarlara, hayvan hastanesinden süt işleme tesisine kadar farklı karakteristiğe sahip yükler içerdiği için böyle bir çalışmaya oldukça uygundur. Bu kapsamda, 2015-2017 yılları arasında saatlik olarak toplanan

elektrik tüketim verileri yük talebi olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmada NARX ağları kullanılmış, girdi olarak değerlendirilen tüketimin mevsimi, ayı, günü ve saati verilerinden her birinin önemi Relieff metodu ile belirlenmiştir. Eğitimde kullanılan 2015 yılına ait tüketimler Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Eğitimde kullanılan 2015 yılına ait bir yıllık saatlik tüketim verisi

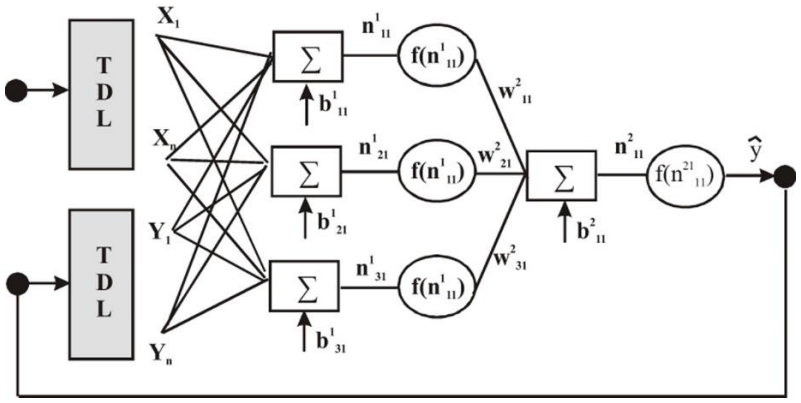
Şekil incelendiğide yükte büyük bir değişkenlik olduğu ancak zamana bağlı bir trendin de mevcut olduğu görülmektedir. Tüketimin mevsimlere, aylara, günlere ya da saatlere göre değişkenlik gösterdiği görülebilir, ancak hangisinin daha belirleyici olduğu anlaşılamaz. Bu sebeple gerçekleştirilen çalışmada hangi özniteliğin daha belirleyici olduğu Relieff metodu kullanılarak değerlendirilmiştir.

3. KULLANILAN YÖNTEM

Gerçekleştirilen çalışmada öznitelik seçimi için Relieff öznitelik seçim yöntemi kullanılmıştır. Relieff metodu, veri setinden bir örnek ele alarak ilgili örneğin, kendi sınıflarındaki diğer örneklerle yakınlığını ve farklı sınıflarla olan uzaklığına bağlı bir model oluşturarak öznitelik seçme işlemini gerçekleştirmektedir (Gümüşçü vd., 2016). Relieff algoritması, rastgele bir örnek R_i seçer, ancak daha sonra aynı sınıftan en yakın k-komşusunu (H_j) ve farklı sınıfların her birinden en yakın k-komşusunu ($M_j(C)$) arar (Durgabai, 2014). Kaçırılan her sınıfın katkısı, bu $P(C)$ sınıfının (olasılıkla eğitim setinden hesaplanan) önceden (prior) olasılığı ile ağırlanmaktadır.

Her adımdaki doğru ve yanlış sınıfların katkılarının [0,1] aralığında ve simetrik olması istenildiği için yanlış sınıf olasılık ağırlıklarının 1'e eşit olması sağlanır. Her bir olasılık ağırlığı *1-P(sınıf(Ri))*'ye bölünür ve bu işlem *m* kere tekrarlanır (Sikonja ve Kononenko, 2003). Böylece bir öznitelik seçim işlemi gerçekleştirilir.

Çalışmada tahmin için NARX yöntemi kullanılmıştır. Aslında, NARX konsepti, lineer kara kutu (black-box) sistem tanımlamasında standart bir araç olan Otoregressive Exogenous'un (ARX) doğrusal olmayan bir genellemesidir (Chen vd., 1990). NARX modelleri çok çeşitli doğrusal olmayan dinamik sistemleri modellemek için kullanılabilir. NARX tekrarlayan dinamik bir sinir ağıdır. Ağın birkaç katmanını saran geri bildirim bağlantılarına sahiptir. NARX sinir ağının doğrusal olmayan zaman serileri tahmini için tam performansını elde etmek için, öngörülen ya da doğru zaman serilerinin geçmiş değerlerini kullanarak bellek yeteneğini kullanması ilginç bir özelliğidir (Boussaada vd., 2018). NARX sinir ağları seri (açık çevrim) ve paralel (kapalı çevrim) olmak üzere 2 farklı mimariden oluşur. NARX için bir prensip şema Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Paralel çevrim NARX ağı prensip şeması (Piezza vd., 2016)

4. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Gerçekleştirilen çalışmada Afyon Kocatepe Üniversitesi ana kampüs alanı için saatlik yük talebi NARX kullanılarak modellenmiştir. Çalışmada ilk olarak yükün geçmiş değerlerinin yanında tüketimin saati, günü, ayı ve mevsimi gibi zamansal verilerin kullanılması kararlaştırılmıştır. Ardından Relieff yöntemi kullanılarak bu özniteliklerden hangisinin yük talebinin modellenmesi için daha kıymetli bilgi taşıdığı belirlenmeye çalışılmıştır. Son olarak da belirlenen bu önem sırasının modelleme başarısı üzerinde etkisinin beklenen gibi olup olmadığı analiz edilmiştir. Oluşturulan

modelin başarısını değerlendirmek için ortalama karesel hatanın karekökü (RMSE) kriteri kullanılmıştır. RMSE tahmin başarısını değerlendirmek için en sık kullanılan değerlendirme kriterlerinden bir tanesidir. RMSE'nin küçük değerleri daha başarılı bir tahmini ifade eder ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\left(\hat{I}(t) - I(t)\right)^2} \qquad (1)$$

Relieff metodu kullanılarak belirlenen özniteliklerin önem değerleri Tablo 1'de sunulmuştur. Tablodan görüldüğü üzere tüketimin gerçekleştiği saat rankı en düşük olan öznitelik olarak belirlenirken, tüketimin gerçekleştiği mevsim rankı en yüksek öznitelik olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Relieff ile belirlenen özniteliklere ait rank değerleri

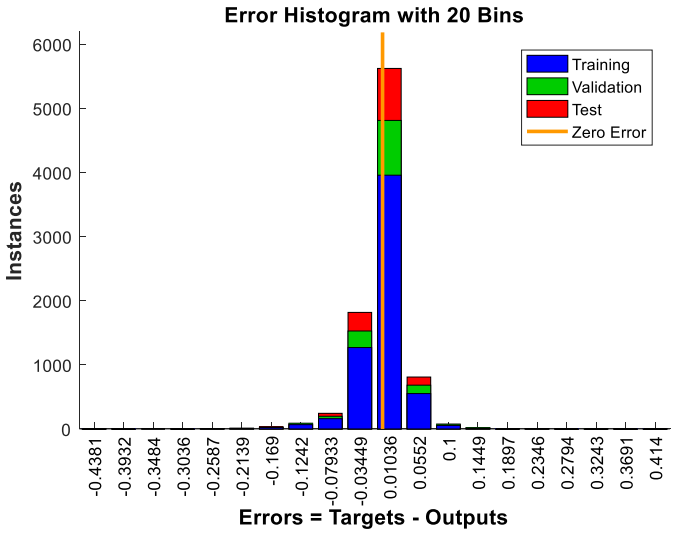
Öznitelik	**Hesaplanan Değer**	**Rank**
Tüketim Mevsimi	0 (Sıfıra çok yakın)	4
Tüketim Saati	38×10^{-4}	1
Tüketim Günü	$7{,}056 \times 10^{-4}$	2
Tüketim Ayı	$7{,}138 \times 10^{-5}$	3

Tablo 1'deki sonuçlar göz önünde bulundurulursa, mevsim girdi veri setinden çıkarılırsa daha başarısız sonuçlar elde edilmesi beklenirken, tüketimin gerçekleştiği saatin girdi veri setinden çıkarılması durumunda daha başarılı sonuçlar elde edilmesi beklenir. Bunun sebebi eğer bir öznitelik önemli ise onun olmaması tahmin sonucunun kötüleşmesine sebep olacaktır. Önemsiz olarak belirlenen özniteliğin girdi veri setinden çıkması durumunda ise ya başarıda önemli bir değişiklik olmayacak ya da başarı artacaktır. NARX kullanılarak gerçekleştirilen saatlik yük tahmini performans sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. NARX yöntemi ile elde edilen performans sonuçları

Girdiler	**Veri setinde olmayan girdi**	**Hata (RMSE)**
Tüketim-Saat-Gün-Ay	Mevsim	0,0413
Tüketim-Mevsim-Gün-Ay	Saat	0,0348
Tüketim-Mevsim-Saat-Ay	Gün	0,0326
Tüketim-Mevsim-Saat-Gün	Ay	0,0373

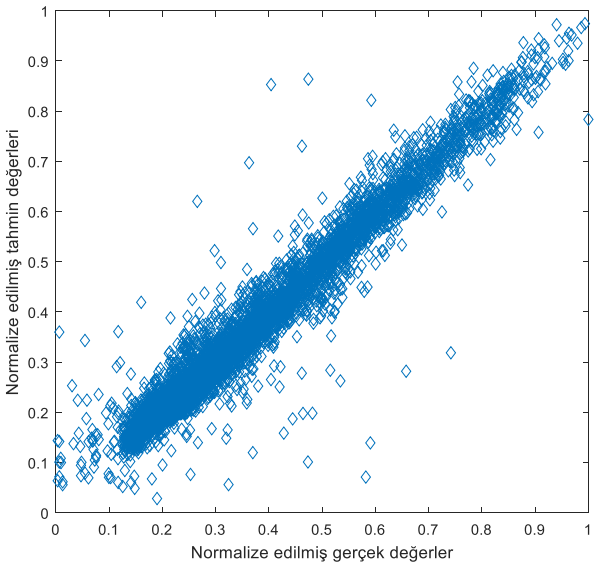
Tablodan görüleceği üzere mevsim bilgisinin veri setinde olmadığı durumda en başarısız tahmin sonuçları elde edilirken, en başarılı sonuçlar gün verisinin girdi veri setinde olmadığı durumda elde edilmiştir. NARX ağının eğitimi kısmında oluşan hatalara ait histogram Şekil 3'te, en başarılı sonuç için gerçek ve tahmin verileri arasındaki korelasyonu gösteren grafik ise Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 3. Eğitim aşamasında NARX ağlarında elde edilen hata histogramı

Şekil 3 incelendiğinde tüm aşamalarda hatanın çok büyük çoğunluğunun sıfıra çok yakın olan bölgede toplandığı görülmektedir. Bu durum NARX ağlarının saatlik

yük talebini modellemede başarılı olduğunu göstermektedir. Şekil 4 incelendiğinde ise gerçekleştirilen tahminlerin oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Gerçek ver tahmin edilen değerlerlerin korelasyonunu gösteren grafikte verilerin diagonal eksen etrafında toplandığı ve bu verilerin dar bir aralıkta dağıldığı görülmektedir. Bu durum başarılı bir tahmin performansına işaret eder.



Şekil 4. Ölçülen değerler ile tahmin edilen değerlerin korelasyonu

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Gerçekleştirilen çalışmada Afyon Kocatepe Üniversitesi ana kampüs alanı için saatlik yük talebi NARX ağları kullanılarak tahmin edilmiştir. Tüketim verilerinin geçmiş değerlerinin yanı sıra tüketimin gerçekleştiği saat, gün, ay ve mevsim bilgisi de kullanılabilecek öznitelikler olarak belirlenmiştir. Daha sonra Relieff öznitelik seçim yöntemi kullanılarak her bir özniteliğin rankı belirlenmiş ve bu ranka bağlı olarak hangilerinin kullanılacağına karar verilmiştir. Bu şekilde bir öznitelik seçiminin tahmin başarısına etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda bir NARX modeli oluşturulmuş ve adil bir karşılaştırma için tüm çalışmada aynı model kullanılmıştır. Simülayon sonuçları Relieff kullanılarak daha önemli olduğuna karar verilen veriler ile yapılan tahminlerde daha başarılı sonuçlar elde edilirken, daha önemsiz olduğuna karar verilen veriler ile daha başarısız sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Relieff metodunun saatlik yük tahmini çalışmaları için uygun bir öznitelik seçim yöntemi olduğu görülmüştür. Ayrıca NARX ağlarının saatlik yük talebi modellemesinde oldukça başarılı

sonuçlara imkan sağladığı anlaşılmıştır. Farklı öznitelik seçim yöntemlerinin böyle bir çalışma için uygunluğunun araştırılmasının gelecek çalışmalar için uygun olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME

Bu çalışma, 18.KARİYER.207 sayılı Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

REFERANSLAR

Abedinia, Oveis, Nima Amjady, and Hamidreza Zareipour. 2017. "A New Feature Selection Technique for Load and Price Forecast of Electrical Power Systems." IEEE Transactions on Power Systems 32 (1): 62–74. https://doi.org/10.1109/TPWRS.2016.2556620.

Boussaada, Zina, Octavian Curea, Ahmed Remaci, Haritza Camblong, and Najiba Mrabet Bellaaj. 2018. "A Nonlinear Autoregressive Exogenous (NARX) Neural Network Model for the Prediction of the Daily Direct Solar Radiation." Energies 11 (3): 620. https://doi.org/10.3390/en11030620.

Chen, S., S. A. Billings, and P. M. Grant. 1990. "Non-Linear System Identification Using Neural Networks." International Journal of Control 51 (6): 1191–1214. https://doi.org/10.1080/00207179008934126.

Durgabai, R P L. 2014. "Feature Selection Using ReliefF Algorithm." International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. Vol. 3. www.ijarcce.com.

Gümüşçü, Abdülkadir, İbrahim Berkan Aydilek, and - Ramazan Taşaltın. 2016. "Filtre Modelli Öznitelik Seçme Algoritmalarının Kombine Edilerek İyileştirilmesi." J. Sci. Eng. Vol. 16. http://www.gems-system.org.

Imani, Maryam, and Hassan Ghassemian. 2019. "Residential Load Forecasting Using Wavelet and Collaborative Representation Transforms." Applied Energy 253 (November). https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113505.

Li, Song, Peng Wang, and Lalit Goel. 2016. "A Novel Wavelet-Based Ensemble Method for Short-Term Load Forecasting with Hybrid Neural Networks and Feature Selection." IEEE Transactions on Power Systems 31 (3): 1788–98.

https://doi.org/10.1109/TPWRS.2015.2438322.

Liu, Min, Weifeng Liu, Yidan Xu, Peng Wang, and Dengke Wang. 2019. "Application of Two-Stage Feature Selection Technique in Power Load Forecasting Considering Delayed Effect." In 2019 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia), 3037–40. IEEE. https://doi.org/10.1109/ISGT-Asia.2019.8881205.

Piazza, Annalisa Di, Maria Carmela Di Piazza, and Gianpaolo Vitale. 2016. "Solar and Wind Forecasting by NARX Neural Networks." Renewable Energy and Environmental Sustainability 1 (August): 39. https://doi.org/10.1051/rees/2016047.

Pirbazari, Aida Mehdipour, Antorweep Chakravorty, and Chunming Rong. 2019. "Evaluating Feature Selection Methods for Short-Term Load Forecasting." In 2019 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing, BigComp 2019 - Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. https://doi.org/10.1109/BIGCOMP.2019.8679188.

Robnik-ˇ Sikonja, Marko, and Igor Kononenko. 2003. "Theoretical and Empirical Analysis of ReliefF and RReliefF." Machine Learning Journal. Vol. 53.

Vieira, D. A.G., B. E. Silva, T. V. Menezes, and A. C. Lisboa. 2020. "Large Scale Spatial Electric Load Forecasting Framework Based on Spatial Convolution." International Journal of Electrical Power and Energy Systems 117 (May). https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.105582.

Yang, Yandong, Weijun Hong, and Shufang Li. 2019. "Deep Ensemble Learning Based Probabilistic Load Forecasting in Smart Grids." Energy. https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116324.

Zhang, Ning, Zhiying Li, Xun Zou, and Steven M. Quiring. 2019. "Comparison of Three Short-Term Load Forecast Models in Southern California." Energy. https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116358.

GÜNEŞ PANELİ CAMLARININ PERFORMANSA OLAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI İÇİN BİR DENEY DÜZENEĞİ

Erol AYAZ
Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü

Prof. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi

ÖZET: Güneş panellerinin sahadaki verimlerinin arttırılması mühendislik uygulamaları ve yeni ve yenilikçi materyallerin geliştirilmesi ile mümkündür. Bir güneş paneli, güneş hücrelerinin arasına yerleştiği, enkapsülant, jonksiyon kutusu, yalıtkan ped, anodize alüminyum çerçeve ve yüksek ışık geçirme kabiliyetine sahip, temperli camdan oluşmaktadır. Güneş hücrelerinden maksimum verim elde edilebilmesi için, bu tabakaların tamamı dikkate alınarak kaliteli malzemeler kullanılmalıdır. Bu malzemelerin kullanımında, panel içerisine giren ışık miktarının maksimize edilmesi ve içeriye giren ışığın dışarıya yansımasının önüne geçilmesi önemlidir. Diğer taraftan sıcaklık güneş hücrelerinin verimini olumsuz olarak etkiler. Bu nedenle güneş enerjisinin ışığa karşılık gelen dalga boylarını dikkate alırken, ısıya karşılık gelen dalga boylarının süzülmesi önemlidir. Bu çalışmada farklı güneş paneli camlarının kullanılmasının, güneş paneli verimine olan etkilerinin araştırılması hedeflenmiş ve bu hedef doğrultusunda bir deney düzeneği kurulmuştur. Kurulan deney düzeneği tanıtılmıştır. Son olarak farklı panellerden ölçülen çıkış güçleri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güneş Panelleri, Güneş Hücreleri, Güneş Paneli Camları

An Experimental Setup for Investigation of Performance Effects of Different Solar Panel Glasses

ABSTRACT: To increase of the solar panels' efficiency can be possible by engineering designs and developing new and innovative materials. A solar panel is composed of solar cells, encapsulants (the solar cells are located between the materials), junction box, insulating pad, anodized aluminum frame and glasses having high light transmission capability. To ensure maximum efficiency from the solar panel, it is necessary to use of quality materials at the completeness of these layers. In the use of these materials, the amount of light

entering to the panel need to be maximized. On the other hand, its reflection needs to be minimized, besides. On the other side, the temperature adversely affects the efficiency of the solar cells. Thus, corresponding wavelengths of solar energy to maximize the light is necessary beside, filtering the corresponding wavelengths to the heat. In this paper it is intended to demonstrate an experimental setup to explore the impacts of different glasses on the solar panel efficiency. Finally the output powers measured from different panels having different glasses measured from the experimental setup are presented.

Keywords: Pv Modules, Solar Cells, Glasses of Pv Modules

1. GİRİŞ

Rezervleri hızla tükenmekte olan yenilenemeyen enerji kaynakları yeryüzünü hızlı bir şekilde kirletmekte ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları popüler olmaya başlasa da; üretim maliyetlerinin yüksek, verimlerinin düşük olması sebebiyle hak ettiği ilgiyi görememektedir. Alternatif enerji sistemlerinin daha fazla kullanılabilmesi için, sahadaki verimlerini artırmak amacıyla yapılan çalışmalar üretim aşamasında başlamaktadır. Bu çalışmalardan bir tanesi de güneş panelini çevresel etmenlerden koruyan panel camının içerisine giren ışık miktarının maksimize edilmesi ve içeriye giren ışığın dışarıya yansımasının önüne geçilmesidir. Panel camına yansımayı engelleyen bir kaplama yapılarak çıkış gücü %5,6'lık bir oranda artırılmıştır (Jalaly vd., 2019). Yansımayı engellemek amacıyla güve gözlü olarak tasarlanan başka bir güneş paneli koruyucu camında fotovoltaik geçirgenliğin % 95'e kadar arttığı görülmüştür (Huh vd., 2017). Diğer bir çalışmada, yansımayı önleyerek ışık geçirgenliğinin maksimumda tutulmasını hedefleyen anti reflektif (AR) kaplamalardaki basit daldırma yöntemindeki molar oranı incelenerek sistem verimi artırılmıştır (Huang vd., 2017). Çıkış gücünü düşüren bir başka etmen de cam yüzeyindeki pürüzlülüktür. Bu anlamda Sıcak Filament Kimyasal Buhar Biriktirme (HFCVD) yöntemiyle nano-gümüş tabaka ile kaplanmış bir güneş paneli camı kullanıldığında, panel camının fotovoltaik geçirgenliğinin yüzde 90'a varabildiği tespit edilmiştir (Simões ve Neto 2015).

Üretim aşamasında verimliliğin artırılabilmesi amacıyla bir takım çalışmalar yapılsa da; bu sistemlerin sahada montajları esnasındaki verim kayıplarının azaltılması da gerekmektedir. Bu kayıpların başında sıcaklık etkisi gelmektedir. Dış hava sıcaklığının her 1 °C artışında güneş paneli çıkış gücünün %0.5-%0.7 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Daher vd., 2018, Suresh vd., 2018). Panel sıcaklığı arttıkça çıkış gücü düşmekte, sistem performansı olumsuz etkilenmektedir. Bu etkinin azaltılabilmesi için öncelikle panel açısı ayarlanmalı, doğal havalandırma yapılarak sıcaklığın

düşürülmesi hedeflenmelidir. 30 derece açıda doğal havalandırma yapılan bir panelde daha iyi performans elde edilmiştir (Charfi vd., 2018). Sıcaklık etkisinin azaltılması için ayrıca güneş paneline soğutma yapılması da gerekmektedir (Thorat vd., 2017). Güneş panel verimliliklerinin soğutulmuş sistem koşullarında %47 oranında arttığı belirlenmiştir (Peng vd., 2017). PV panelllerin alt kısımlarına konan alüminyum malzeme ile sıcaklık etkisi azaltılabilmektedir (Pang vd., 2019). Bunun yanı sıra panel yüzeyinde ince film içerisinde su dolaştırılarak yüzey sıcaklığı düşürülmekte ve çıkış gücü artırılmaktadır (Schiro vd., 2017). Bu çalışmada ise Afyon Kocatepe Üniversitesi Güneş ve Rüzgar Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bir sistem tesis edilmiştir. Tesis edilen düzenek üzerinde kullanılan güneş panellerinden birinin camı ışık geçirgenliği farklı olan cam tipleriyle değiştirilerek ve sisteme entegre edilerek değişik karakteristikteki camların sistem verimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. MATERYAL-YÖNTEM

Çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Güneş ve Rüzgar Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde yürütülmüştür. Öncelikle bu merkez şöyle bir deney düzeneği kurulmuştur. Sistemde 60 W monokristal güneş paneli, içerisinde PLC bulunan bir DC panosuna veri göndermektedir. DC panosundan haberleşme kablosu vasıtası ile bu veriler araştırma merkezindeki bilgisayara gelmekte ve diğer bir ara yüz programı vasıtası ile de okunmaktadır. Şekil 1'de ara yüz görüntüsü, tablo 1'de anlık verileri tablo haline getirilen verilen labview tabanlı GES programı 20 farklı porttan veri okuyabilmektedir. Bu da 6 güneş panelinin akım, gerilim, yüzey sıcaklığı ve iç-dış ortam sıcaklıklarının okunabilmesi anlamı taşımaktadır. Deney düzeneğinde 2 farklı panelin karşılaştırması yapılarak dış sıcaklık ölçüleceğinden PLC de 7 port kullanılmıştır. Karışıklık olmaması için de bütün değerler için 5 ve 6. portlar seçilmiştir. Boş uçlar açık devre olduğundan 600 olarak okunmaktadır. Ayrıca panel konstrüksüyonu üzerine bir piranometre yerleştirilerek datalogger'a veri kaydetmesi sağlanmıştır. Sistemin kurulurken;

1. Öncelikle panellerin yüzey temizliği yapılmıştır.
2. Panelin sadece açık devre gerilimini göstermemesi için ucuna yük bağlanmıştır. (10R-50W Alüminyum direnç)
3. PLC giriş portları tespit edilerek hangi uçlardan veri alınacağı belirlenmiştir.
4. Veri kaybını önlemek için DC panosuna 650 VA UPS bağlanmıştır.
5. Panel yüzeylerine ve dış ortama boşta duran Pt-100 sıcaklık sensörleri yerleştirilmiştir.

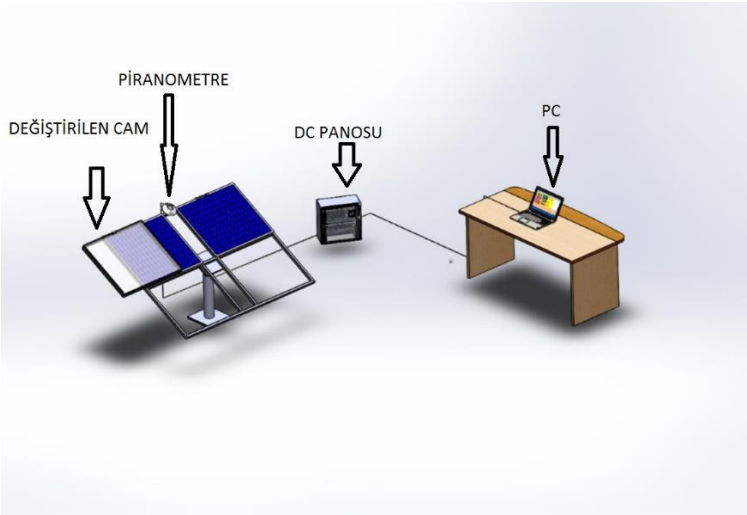
6. Sıcaklık sensörlerinin PLC bağlantısı yapılmıştır.

7. Datalogger'ın GES sistemi ile senkronize veri kaydedebilmesi için dakikada bir veri gönderecek şekilde ayar yapılmıştır.

8. Datalogger'ın sınırlı hafızası nedeniyle belirli periyotlarla veriler kaydedilmiştir.

Tablo 1:GES programına PLC portlarından gelen veriler tablosu(anlık değerler)

PORT(P)	**AKIM(A)**	**GERİLİM(V)**	**YÜZEY SICAKLIĞI(C^0)**	**DIŞ SICAKLIK(C^0)**
Port1(P1)	600	600	600	Port7(P7) 43,7
Port2(P2)	600	600	600	
Port3(P3)	600	600	600	
Port4(P4)	600	600	600	
Port5(P5)	1,5	9,7	67,6	
Port6(P6)	2,3	15,5	60,1	



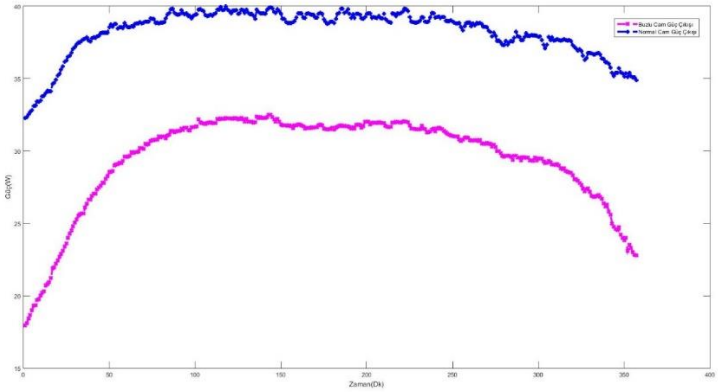
Şekil 2:Deney Düzeneği Solidworks Çizimi

Şekil 2 de deney düzeneği Solidworks programında 3 boyutlu olarak çizilmiştir. Şekilde ki PC ekranında GES sistemi ara yüz programı ekran görüntüsü kullanılmıştır.

Şekil 3:Deney Düzeneği Gerçek Resmi

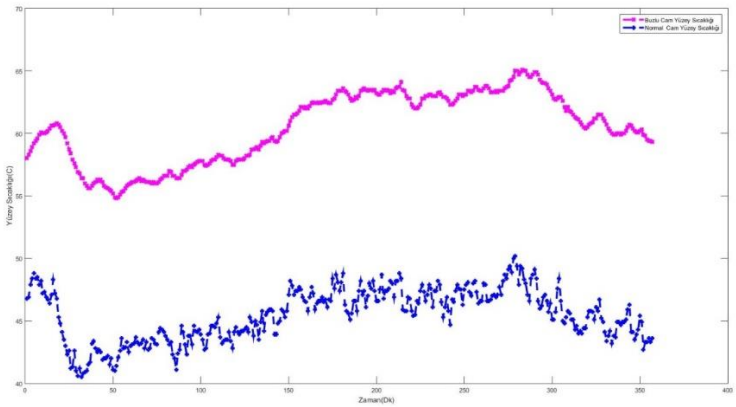
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 3'te verilen deney düzeneğinde buzlu cam test edilmiştir. Test sonucunda ölçülerek tablo 1'de verilen akım ve gerilim değerlerinin çarpımında şekil 4'teki güç grafiği elde edilmiştir.



Şekil 4: Buzlu cam güç karşılaştırma grafiği

Ayrıca tablo 1'de verilen yüzey sıcaklık değerleri şekil 5'te çizdirilmiştir.



Şekil 5: Buzlu cam yüzey sıcaklığı karşılaştırma grafiği

4. SONUÇ

Bu çalışmada Afyon Kocatepe Üniversitesi Güneş ve Rüzgar Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bir deney düzeneği tesis edilmiştir. Tesis edilen düzenekte güneş paneli camları üzerine yerleştirilen Pt-100 sıcaklık sensörleri sayesinde paneller üzerindeki yüzey sıcaklık değerleri kaydedilmiştir. Diğer taraftan panel çıkışlarına bağlanan bir yük üzerinden akım ve panel çıkış gerilimleri ölçülerek, panellerin çıkış gücü hesaplanmıştır. 357 farklı dakikada ölçülen verilerin ortalama veya toplam değerleri karşılaştırıldığında; demir oranı fazla ve buna bağlı ışık geçirgenliği az olan, yansımayı önleyen herhangi bir kaplama içermeyen buzlu camın yüzey sıcaklığının normal güneş paneli camına göre %24,86 daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca buzlu camın güç çıkışının normal güneş paneli camına göre % 22,92 daha az olduğu belirlenmiştir.

Bu verilerden yola çıkılarak çıkış gücüne etki eden panel yüzey sıcaklıklarının, ortam sıcaklığının ve basınç, nem gibi diğer meteorolojik değişkenlerin kullanılacağı yapay sinir ağları oluşturularak birbirinden farklı tahmin modellerinin denenmesi, bu modellere göre de hangi camdan en iyi güç çıkışının alınabileceği ileride yapılabilecek çalışmalar olarak değerlendirilmiştir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi BAP birimi tarafından 19.Fen.Bil.09 kodlu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Jalaly, S., Vahdani, M., Shahabadi, M., Sadeghi, G.M.M., 2019. Design, fabrication, and measurement of a polymer-based anti-reflection coating for improved performance of a solar panel under a specific incident angle. Solar Energy Materials and Solar Cells. 189: 175-180.

Huh, D., Shin, J.H., Byun, M., Son, S., Jung, P.H., Choi, H.J., Kim, Y.D., Lee, H., 2017. Analysis of long-term monitoring data of PV module with SiOx-based anti-reflective patterned protective glass. Solar Energy Materials and Solar Cells. 170: 33-38.

Huang, Q.Z., Shi, J.F., Wang, L.L., Li, Y.J., Zhong, L.W., Xu, G., 2016. Study on sodium water glass-based anti-reflective film and its application in dye-sensitized solar cells. Thin Solid Films. 610: 19-25.

Simões, R., Neto, V.F., 2015. Nanodiamond Coated Glass as a Protective Layer in Solar Cells. Materials Today. Proceedings. 2: 230-235.

Daher, D.H., Gaillard, L., Amara, M., Ménézo, C., 2018. Impact of tropical desert maritime climate on the performance of a PV grid-connected power plant. Renewable Energy. 125: 729-737.

Suresh, A.K., Khurana, S., Nandan, G., Dwivedi, G., Kumar, S., 2018. Role on nanofluids in cooling solar photovoltaic cell to enhance overall efficiency. Materials Today. Proceedings. 5: 20614-20620

Charfi, W., Chaabane, M., Mhiri, H., Bournot, P., 2018. Performance evaluation of a solar photovoltaic system. Energy Reports. 4: 400-406.

Thorat, P.A., Edalabadkar, A.P., Chadge, R.B., Ingle, A., 2017. Effect of sun tracking and cooling system on Photovoltaic Panel: A Review. Materials Today: Proceedings. 4: 12630-12634.

Peng, Z., Herfatmanesh, M.R., Liu, Y., 2017. Cooled solar PV panels for output energy efficiency optimisation. Energy Conversion and Management. 150: 949-955.

Pang, W., Cui, Y., Zhang, Y., Zhang, X., Yan, H., 2019. Comparisons of photovoltaic modules for their performances based on different substrate. Applied Thermal Engineering. 146: 505-514.

Schiro, F., Benato, A., Stoppato, A., Destro, N., 2017. Improving photovoltaics efficiency by water cooling. Modelling and experimental approach. Energy. 137: 798-810.

YÜKSEK GERİLİM KABLOLARINDAKİ KISMİ BOŞALMALARIN DENEYSEL OLARAK TESPİTİ

Arş. Gör. Fatih SERTTAŞ
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Prof. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi

ÖZET: Yüksek gerilim güç sistemlerinde yalıtım hatalarının büyük çoğunluğu kısmi boşalma kaynaklı meydana gelmektedir. Kısmi boşalmalar, yalıtkan üzerindeki elektrik alanın düzgün dağılımını bozan bir noktada (boşluk veya yapısal bir bozukluk) küçük elektriksel boşalmalar olarak gözlenmektedir. Havai iletim hatlarında korona adı verilen kısmi boşalmalar, ölçüldüğü malzemenin tipine göre akustik yöntemlerle, toprağa akıtılan süreksiz gerilimlerin ölçülmesiyle ve de akım trafolarıyla ölçülebilmektedir. Bu çalışmada, orta ve yüksek gerilim elektrik dağıtım sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bir kablo türü olan XLPE (çapraz bağlı polietilen) kablo üzerinde, kısmi boşalma tespiti ve sinyal ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kablo öncelikle yüksek gerilim testine hazır hale getirilmiş, ardından laboratuvar ortamında çeşitli yüksek gerilimler altında yapay olarak oluşturulan bozukluk sayesinde kısmi boşalma sinyalleri elde edilmiş ve ölçülmüştür. Ölçülen analog kısmi boşalma sinyalleri, zamana bağlı ayrık zamanlı sayısal verilere dönüştürülerek bilgisayar ortamına kaydedilmiştir. Kaydedilen verilere ait çeşitli istatistiksel veriler sunulmuştur. Kablo üzerinde yapay olarak oluşturulan arıza, elektrik dağıtım sektöründe çalışan teknik personelin en sık karşılaştığı arıza türlerinden seçilmiştir ve çözüm önerileri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kısmi boşalma, XLPE Kablo, Yüksek Gerilim

Experimental Detection of Partial Discharge in High Voltage Cables

ABSTRACT: In high voltage power systems, the majority of insulation errors occur due to partial discharge. Partial discharges are observed as small electrical discharges at a point (gap or structural failure) that disrupts the uniform distribution of the electric field on the insulator. Partial discharges called corona in overhead transmission lines can be measured by acoustic methods, measurement of discontinuous voltages flowing to earth and current transformers according to the type of material measured. In this study, partial discharge

detection and signal measurement are performed on a XLPE (crosslinked polyethylene) cable which is widely utilized in medium and high voltage electrical distribution systems. The cable is first made ready for high-voltage testing, and then partial discharge signals are obtained and measured by artificially generated defects under various high voltages in the laboratory environment. The measured analog partial discharge signals are converted to time-dependent discrete-time digital data and recorded on the computer. Various statistical data of the recorded data are presented. The fault created artificially on the cable has been selected among the most common types of malfunctions encountered by the technical personnel working in the electricity distribution sector and the solution proposals are discussed.

Keywords: Partial Discharge, XLPE Cable, High Voltage

1. GİRİŞ

Elektriksel kısmi boşalmalar, IEEE Altın kitap standardına ("IEEE 493-2007 - IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems", y.y.) göre yüksek gerilim kablolarındaki izolasyon arızalarının %89, kablo ek noktalarındaki arızaların %91'ini meydana getirmektedir. Bu çok yüksek oran, kısmi boşalma (KB) konusunun hassasiyetle incelenmesi ve geliştirmeler yapılması gerekliliğini göstermektedir. Yakın zamanda gerçekleştirilen bir çalışmada, Avrasya'daki büyük bir ham petrol işleme tesisine ait elektriksel cihazların kısmi boşalma durumlarını görüntüleyen bir çevrimiçi sistem kurulmuştur (Renforth vd., Her alanda iş güvenliği ve maliyetlerin azaltılması bakımından kısmi boşalma analizleri artırılmış durumdadır. Literatürde kısmi boşalma analizleri hakkında pek çok yeni çalışma mevcuttur (Zachariades vd., 2018). Faz duyarlı optik zaman alanlı reflektometri (Φ-OTDR) ile fiber optik dağılmış akustik algılama (FDAS), yüksek hassasiyetli ölçüm için umut verici bir tekniktir. Güncel bir çalışmada, çapraz bağlı polietilen (XLPE) güç kablolarında kısmi boşalma (KB) tespiti için zayıf bir fiber Bragg ızgara (wFBG) dizisine sahip gelişmiş bir OT-OTDR sistemi gösterilmektedir; ve iç KB, korona KB, yüzey KB ve gürültü de dahil olmak üzere farklı olay tiplerini tanımlamak ve sınıflandırmak için evrişimli bir sinir ağı (CNN) modeline dayanan bir olay tanıma yöntemi önerilmektedir (Che vd., 2019). KB sinyallerini çıkarmak için çok ölçekli bir dalgacık ayrıştırma ve yeniden yapılandırma yöntemi kullanılmış ve KB sinyallerinin iki boyutlu bir spektral çerçevede temsili melfrekans kepstrum katsayıları (MFCC) elde edilmiştir. Örgülü kablo tasarımları esneklik sağlamakta, ancak mutlaka belirli basınç değerlerinde Paschen minimum voltajının aşılabildiği boşluklar içermektedir (Driessen vd., 2019). Yeniden üretilebilirliğin, şekil ve boyut olarak farklılık gösteren kablo boşluklarındaki boşalmaların stokastik oluşumu göz

önüne alınarak araştırılması gerekmektedir. Farklı bir çalışmada, KB sekanslarının yüzey yükü dağılımı, farklı gaz akışlarındaki Pockels etkisine dayanan KB ölçüm sistemi ile elde edilmiştir (Du vd., 2019). KB davranışını incelemek için hem faz-çözülmüş KB (PRPD) hem de darbe dizisi analiz yöntemi (dV-dV modeli) kullanılmıştır.

Gaz yalıtımlı şalt cihazları, yüksek esneklik ve sağlamlık nedeniyle nadiren zarar görse de, bu tür cihazlar tarafından özellikle kısmi boşalma durumunda bazı ciddi hasarlar meydana gelmektedir. Böylece, bu tür kazaların izlenmesi, güç sistemlerinin güvenilirliğinin hayati bir parçası haline gelmiştir. Çok yüksek frekans teknikleri son zamanlarda kısmi boşalma ile üretilen elektromanyetik dalgaların tespitinde ve sınıflandırılmasında üstün performans göstermiştir (Darwish vd., 2019). Gazlar gibi havanın da atlama durumlarının incelendiği farklı bir çalışmada ise ozon konsantrasyonunun, artan gerilim yükleme süresiyle arttığı ve kararlı olma eğiliminde olduğu ve belirli bir gerilim altında bir denge durumuna ulaştığı kanıtlanmıştır (Yao vd., 2019).

Tekrarlayan KB yalıtımın bozulmasına neden olduğundan, elektrikli ekipmanın çalışma ömrünü etkileyen en önemli hatalardan biridir. Bir çalışmada, mevcut dalga formlarına göre derin öğrenme (DL) yöntemiyle dört çeşit KB hasarı tanımlanmıştır (Duan vd., 2019). Ultra yüksek frekanslı (UHF) ve akım problu değiştirilmiş bir IEC-60270 deney platformu, KB akım dalga formlarını ve bunlara karşılık gelen darbe akımını ve UHF darbe sinyalini algılamak için kurulmuştur. Önerilen yöntemin son sınıflandırma doğruluğu% 99,7 oranlarına ulaşmaktadır, bu geleneksel tanımlama yöntemlerinden çok daha iyi durumdadır.

Çalışma geriliminde, hareket davranışı, kısmi boşalma ve CBS'nin farklı pozisyonlarındaki doğrusal partikülün zararlılığı (yüksek voltaj barası, ekranlama halkası ve yalıtkan) net değildir (Ge, Ji, Cui ve Li, 2019). Bu acil mühendislik problemini incelemek ve çözmek için, doğrusal parçacıkların boşalma sinyalleri, ultrasonik sinyal ve hareket odağı kaydedilmiş ve gözlenmiştir. Metalik partikülün hareket davranışı, kısmi boşalma karakteristikleri ve zararları farklı pozisyonlarda analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Nominal gerilimde, lineer partikülün hareket davranışında GIS'in farklı pozisyonlarına bağlı olarak büyük bir fark mevcut bulunmaktadır. Parçacık, yüksek voltajlı bara altında küçük yükseklikle zıplar, ancak atlama frekansı çok yüksektir ve zaman serisi deşarj sinyalinin ultrasonik sinyalinki ile bire bir uyuşması vardır. Parçacık koruma halkasına geçtiğinde, parçacık anında yüksek voltajlı elektrota atlar. Bu zamanda, deşarj sinyali ile ultrasonik sinyal arasındaki tutarlılık kötüleşir. Ek olarak, parçacık yalıtıcıya temas ettiğinde, yalıtkana bağlanabilir, asla hareket edemez ve sabit bir metalik parçacık haline gelebilir.

Geleneksel KB izleme yöntemi, kablonun KB'sini izlerken zayıf bir izleme etkisine ve düşük konumlandırma hassasiyetine sahiptir. Güncel bir çalışmada, faza duyarlı fiber-optik zaman alanı yansıması (φ-OTDR) ilkesine dayanan, kablo kısmi boşalması için dağıtılmış bir çevrimiçi izleme yöntemi önerilmektedir (Pan vd, 2019). İlk olarak, kablonun kısmi boşalma ultrasonik dalgasının (PDUW) üretim ve yayılma modeli oluşturulmuş ve benzetimi yapılmıştır. Ardından PDUW'un kablo içindeki farklı koşullar ve farklı yapılarla dağılımı elde edilmiştir. Daha sonra bir PDUW kablo modeli ve fiberde ters saçılan Rayleigh ışık yoğunluğu oluşturulmuş ve teorik olarak analiz edilmiştir. PDUW kablo ile fiberdeki ters saçılan Rayleigh ışık yoğunluğu arasındaki ilişki deneysel olarak doğrulanmıştır.

Kısmi boşalma başlangıç geriliminin (PDIV) belirlenmesi, elektrik bobinleri veya baralar tasarlanırken kilit bir noktadır (Parent vd., 2019). Hem çift-yani skaler hem de vektör potansiyel-elektrostatik formülasyonlar kullanılarak elde edilen bir 2-B sonlu eleman hesaplamasına ve elde edilen çalışma noktalarının Paschen'in eğrisi ile karşılaştırılmasına dayanan bir teknik ile PDIV'i hesaplamanın yanı sıra herhangi bir şekilde sarımlarda KB'lerin yerini belirlemek mümkün duruma gelmiştir.

Bu çalışmada, Afyon Kocatepe Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü bünyesinde bulunan yüksek gerilim laboratuvarında, orta-yüksek gerilim iletim-dağıtım sektörlerinde yaygın kullanılan XLPE kabloların kısmi boşalma testi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kısmi boşalma sinyalleri çeşitli istatistiksel parametreler ile analiz edilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

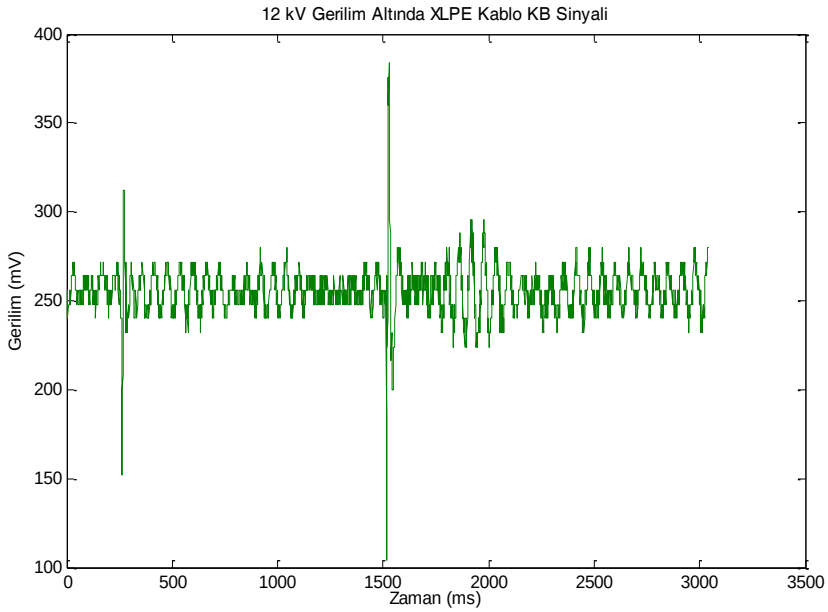
Afyon Kocatepe Üniversitesi Yüksek Gerilim Laboratuvarı'nda bulunan 100 kV yüksek gerilim transformatörü ve bu transformatöre bağlı varyak sistemi kullanılarak, farklı kademelere yükseltilebilen alternatif gerilim; kapasitif gerilim bölücü, kaplin kapasitörü, sinyal kablosu ve Şekil 1'de gösterilen kısmi boşalma ölçüm cihazı yardımıyla sayısal veri olarak ölçülebilmektedir. Aynı zamanda laboratuvarda mevcut olan çevrimiçi ölçüm yapabilen, portatif KB ölçüm cihazı Şekil 2'de görülmektedir. Cihaz yardımıyla 3 farklı tipte KB ölçümü ve analizi yapılabilmektedir. Toprağa akan süreksiz gerilimleri ölçen, yüksek frekanslı akım trafosuyla (HFCT) ölçüm yapan ve akustik ölçüm yapan sensörleriyle oldukça kullanışlı bir test cihazıdır.

Şekil 1. Kısmi Boşalma Ölçüm Sistemi

Şekil 2. Çevrimiçi (Online) Kısmi Boşalma Ölçüm Cihazı

3. KISMİ BOŞALMA VERİSİ

Deney düzeneği üzerinden, 12 kV gerilim altında XLPE kablo üzerinde defect oluşturularak ölçülen KB verisine ait zamana bağlı değişim grafiği Şekil 3'de sunulmuştur. Şekilde KB darbeleri açık olarak görülmektedir.



Şekil 3. 12 kV Gerilim Altında XLPE Kablodaki KB Sinyali

Deneysel çalışmalar kapsamında 0'dan 20 kV gerilime kadar kademeli olarak uygulanan alternatif yüksek gerilim artırılmıştır. Buradaki amaç, farklı yüksek gerilim kademelerinde kablonun KB davranışının incelenmesi olarak belirlenmiştir. Her bir gerilim seviyesi için verileri analiz etmeye yetecek sayıda ölçümler gerçekleştirilmiştir.

4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Kısmi boşalma (KB) sinyalinin farklı gerilimler altında deneysel olarak ölçümlerinin ardından, temel istatistiksel parametrelerle öznitelikleri çıkarılmıştır. Öznitelik çıkarmadaki amaç, yüksek veri uzunluğuna sahip ve gözle farkları ayırt edilemeyen sinyalleri daha anlaşılır hale getirmeye çalışmaktır. Bu çıkarımlar sinyallerin sınıflandırılması ve analiz edilmesi için oldukça büyük öneme sahiptir. Tablo 1'de istatistiksel değerler sunulmuştur.

Tablo 1. İstatistiksel Değerler Tablosu

Gerilim Seviyesi (KV*)	Ortalama (MV*)	MİN (MV)	MAKS. (MV)	MED (MV)	STD (MV)	VAR (MV)	Kurtosis (MV)	Skewness (MV)
0,4	3,480263	-20	20	0	12,01396	144,3351	-0,40041	-0,0906
3	4,184211	-60	60	0	20,4133	416,7029	-0,31055	-0,44742
5	-1,42763	-180	260	0	29,91107	894,6724	4,300946	0,437837
8	4,131579	-1100	460	20	64,4126	4148,983	48,68207	-2,04251
12	-11,0526	-2440	560	-20	156,0194	24342,05	70,8588	-5,36731
15	-10,9737	-2560	580	0	226,1435	51140,89	52,65653	-5,71306
20	-26,9737	-2560	580	20	340,0693	115647,2	22,81005	-3,97855

(* MV=Milivolt, KV=Kilovolt ifadesine karşılık gelmektedir.)

Tablo incelendiğinde medyan değerinin kısmi boşalma sinyallerinin analizinde kullanışlı olmadığı ve bir bilgi içermediği görülmüştür. Minimum ve maksimum değerler ise KB darbelerinin tepe noktalarında, belli bir yüksek gerilim değerinden sonra (bu deney için 15 kV) ölçüm yapan osiloskobun maksimum ve minimum gösterimine bağlı kaldığı için bu değerlerin de yüksek gerilim ölçümlerinde yanıltıcı olabileceği görülmüştür.

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Kısmi boşalma ölçümlerinin gerekliliği, yüksek gerilim yalıtım arızalarının büyük çoğunluğunu oluşturması nedeniyle aşikârdır. Ancak bu ölçümlerden elde edilen verilerin doğru yorumlanabilmesi için çeşitli işlemlerin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada laboratuvar ortamında kısmi boşalma deney düzeneği hazırlanmış ve farklı gerilim seviyelerinde KB ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Gerilim seviyesinin yükselişine bağlı olarak, istatistiksel özellikler farklılıklar göstermektedir. Başlangıç seviyesinde olan düşük gerilimlerde, istatistiksel sonuçlar daha yüksek benzerliğe

sahip olmaktadır. KB'ye neden olan arızaları sınıflandırabilmek için çeşitli gerilim seviyelerinde kademeli artışlarla çok sayıda deney yapmak daha uygun olacaktır. Yapılan deney sonuçları kablonun arızalı olduğunu gösterse de, arızanın türünü belirlemede yalnız başına yetersizdir. İstatistiksel değerlerin tümü KB sinyallerinin analizi için uygun değildir. Kısmi boşalma analizinde kurtosis, skewness, standart sapma ve varyans en çok anlam içeren istatistiksel parametreler olarak gözlemlenmiştir. Kısmi boşalma analizlerinin yapılması için kaplin kapasitörlü, gerilim bölücülü ve dijital osiloskoplu deney düzeneği ile çevrim içi ölçüm yapabilen portatif KB ölçüm cihazı seçilmiş olup, bu deney düzeneği ve cihazların zamana bağlı analiz yapma amacına uygun olduğu görülmüştür. Gelecek çalışmalarda, bu çalışmada elde edilen KB verileri ve bu verilere ait istatistiksel özniteliklerin yardımıyla çeşitli sınıflandırma algoritmalarının kullanılması ve kablo arıza tiplerinin sınıflandırılması planlanmaktadır.

6. BİLGİLENDİRME

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün 18.FEN.BİL.63 numaralı projesiyle desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Che, Q., Wen, H., Li, X., Peng, Z. ve Chen, K. P. (2019). Partial Discharge Recognition Based on Optical Fiber Distributed Acoustic Sensing and a Convolutional Neural Network. *IEEE Access*, *7*, 101758–101764. doi:10.1109/access.2019.2931040

Darwish, A., Refaat, S. S., Toliyat, H. A. ve Abu-Rub, H. (2019). On the Electromagnetic Wave Behavior Due to Partial Discharge in Gas Insulated Switchgears: State-of-Art Review. *IEEE Access*, *7*, 75822–75836. doi:10.1109/ACCESS.2019.2921089

Driessen, A. B. J. M., Van Duivenbode, J. ve Wouters, P. A. A. F. (2019). Operational conditions influencing the partial discharge performance of cables under low and medium vacuum. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, *26*(1), 81–89. doi:10.1109/TDEI.2018.007536

Du, Y., Meng, Y., Wu, K., Yang, X. ve Wang, Y. (2019). Influence of gas flow on

partial discharge behaviors in air and nitrogen. *IEEE Transactions on Plasma Science*, *47*(1), 136–144. doi:10.1109/TPS.2018.2879218

Duan, L., Hu, J., Zhao, G., Chen, K., He, J. ve Wang, S. X. (2019). Identification of Partial Discharge Defects Based on Deep Learning Method. *IEEE Transactions on Power Delivery*, *34*(4), 1557–1568. doi:10.1109/tpwrd.2019.2910583

Ge, X., Ji, H., Cui, X. ve Li, C. (2019). Movement Behavior and Partial Discharge of the Single Metallic Particle in GIS at Operated Voltage. *IEEE Transactions on Plasma Science*, *47*(9), 4319–4328. doi:10.1109/tps.2019.2930349

IEEE 493-2007 - IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems. (y.y.). 15 Kasım 2019 tarihinde https://standards.ieee.org/standard/493-2007.html adresinden erişildi.

Pan, W., Zhao, K., Xie, C., Li, X., Chen, J. ve Hu, L. (2019). Distributed Online Monitoring Method and Application of Cable Partial Discharge Based on φ -OTDR. *IEEE Access*, *7*, 144444–144450. doi:10.1109/ACCESS.2019.2944570

Parent, G., Rossi, M., Duchesne, S. ve Dular, P. (2019). Determination of partial discharge inception voltage and location of partial discharges by means of Paschen's theory and FEM. *IEEE Transactions on Magnetics*, *55*(6). doi:10.1109/TMAG.2019.2902374

Renforth, L. A., Giussani, R., Mendiola, M. T. ve Dodd, L. (2019). Online partial discharge insulation condition monitoring of complete high-voltage networks. *IEEE Transactions on Industry Applications* içinde (C. 55, ss. 1021–1029). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi:10.1109/TIA.2018.2866983

Yao, P., Zheng, H., Yao, X. S. ve Ding, Z. (2019). A method of monitoring partial discharge in switchgear based on ozone concentration. *IEEE Transactions on Plasma Science*, *47*(1), 654–660. doi:10.1109/TPS.2018.2876412

Zachariades, C., Shuttleworth, R., Giussani, R. ve Loh, T. H. (2018, 1 Ağustos). A Wideband Spiral UHF Coupler with Tuning Nodules for Partial Discharge Detection. *IEEE Transactions on Power Delivery*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi:10.1109/TPWRD.2018.2883828

BİNALARDA OPTİMUM YALITIM KALINLIĞININ BELİRLENMESİ VE GERİ ÖDEME SÜRELERİ: MARMARA BÖLGESİ ÖRNEĞİ

Öğr. Gör. Dr. Hande UFAT
Bursa Uludağ Üniversitesi

ÖZET: Günümüzde kullanılan enerjinin büyük bir kısmını karşılayan fosil yakıtların tükenebilir enerji kaynakları olması nedeniyle, enerji tasarrufu konusu oldukça önemlidir. Enerji kaynaklarının pahalılaşması, rezervlerin her geçen gün azalmasıyla birlikte ülkemizde doğacak bir enerji dar boğazından minimum düzeyde etkilenmek için ısı enerjisi tasarrufu yapılması zorunlu olmaktadır. Bina dış duvarlarında yapılacak ısı yalıtım uygulamaları, yakıt tüketimini düşürerek enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu çalışmada, Marmara Bölgesinde yer alan en soğuk ve en sıcak illerde (Balıkesir, Bilecik) ömür maliyet analizi yöntemi kullanılarak, farklı yalıtım malzemeleri (polistren, taş yünü) için optimum yalıtım kalınlığı ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak optimum yalıtım kalınlığı Balıkesir ve Bilecik için sırasıyla taş yünü için 3.88 cm- 4.64 cm, Polistren için 6.73 cm-7.75 cm olarak hesaplanmıştır. Geri ödeme süresinin iller arasında yalitim malzemesine göre 6.74 - 11.54 yıl arasında değiştiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Optimum yalıtım kalınlığı, Termoekonomik analiz, taş yünü, polistren

Determination of Optimum Insulation Thickness in Buildings and Payback Periods: Marmara Region Example

ABSTRACT: Energy savings is very important due to fact that fossil fuels, which meet most energy used today, are exhaustible resource. As energy resources become more expensive and reserves are decreasing day by day, it is necessary to save heat energy in order to be affected at a minimum level by an energy bottleneck in our country. Applying heat insulation to external walls of buildings reduce energy consumption and provide energy savings. In this study, optimum insulation thickness and payback periods for different insulation materials (polystyrene, rock wool) were calculated by using life-cycle cost analysis method in the coldest and hottest cities in Marmara Region (Balıkesir, Bilecik). The results show that the optimum thermal insulation thicknesses vary

between 3.88 cm – 7.75 cm for total annual (heating + cooling) energy depending on the city. The payback periods in these cities vary between 6.74 - 11.54 years when considering the total annual energy requirements.

Keywords: Optimum insulation thickness, Thermoeconomic analysis, Stonewood, Polystrene

1. GİRİŞ

Nüfusun artması, kentleşme, büyük şehirlere göç ve yaşam standartlarının iyileşmesiyle dünya genelinde enerji tüketimi oldukça artmıştır. Özellikle endüstri, ulaşım, inşaat ve ziraat alanlarında enerji tüketimi oldukça fazladır (Pargana vd., 2014; Kayfeci vd., 2013). Enerji tüketimi kaçınılmaz olmakla birlikte bu enerji daha verimli bir şekilde kullanılabilir veya yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinebilir.

Türkiye'nin enerji ihtiyacı her yıl giderek artmaktadır ve bu enerji ihtiyacının çoğu ithal edilmektedir. Bu sebepten dolayı enerjiyi tasarruflu kullanmak oldukça önem taşımaktadır (Uçar ve Balo 2010; Kaynaklı 2012). Dünya çapında ve ülkemizde de tüketilen enerjinin %50 civarı binalarda kullanılmaktadır. Bu enerjinin büyük kısmı ısıtma ve soğutmada tüketilmektedir (Pargana vd., 2014; Kaya vd., 2016; Uçar, 2010). Binaların bulunduğu iklim zonunun ve kullanılan yalıtım malzemesiyle kalınlığına bağlı olmakla birlikte, binalarda yalıtım uygulamasının %40'lara varan enerji tasarrufu sağladığı çalışmalarda görülmektedir (Kaya vd. 2016).

Bu verilere baktığımızda termal korumanın, enerji tasarrufundaki rolü oldukça açıktır. Binalar yalıtılırken dış ortam şartlarına ve iç ortamın termal özelliklerine dikkat edilmelidir. Yalıtım kalınlığı arttıkça yalıtım maliyeti artar ve buna bağlı olarak soğutma maliyetleri düşer. Benzer şekilde optimum yalıtım kalınlığında yakıt maliyetleri de minimum olacaktır. Bu sebepten dolayı optimum yalıtım kalınlığından daha fazla kalınlıkta yalıtım yapmak sadece yalıtım giderini arttıracak, ek bir enerji tasarrufu sağlamayacaktır (Kayfeci vd. 2013).

1.1. ISI YALITIMININ ÖNEMİ VE TÜRKİYE'DEKİ UYGULAMALARI

1.1.1. Türkiye'de Yalıtım Uygulamaları

Türkiye'de yalıtım ile ilgili resmi olarak ilk kez 1970 yılında "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları"nın hazırlanmış olduğu görülmektedir. Ancak yönetmeliğin uygulanması ile ilgili herhangi bir zorunluluk getirilmemiştir. Daha sonra arada çeşitli çalışma ve düzenlemeler yapılmış ve ancak 14.06.2000 tarihinden itibaren TS

825 standardı zorunlu standart olarak, yeni yapılacak binalarda uygulanmaya başlamıştır. Bu tarihten itibaren mevcut binalarda herhangi bir yasal uygulamaya gidilmemiş, ancak uygulanan tüm yapıların ısı yalıtım proje hesaplarında bu standarttaki kurallara uyulması zorunlu hale getirilmiştir. (Sezer, 2005; Bektaş, vd. 2017). 2011 yılından itibaren yeni yapılan binalarda "Enerji Kimlik Belgesi" çıkarılması zorunlu hale getirilmiştir.

1.1.2. Isı Yalıtımının Faydaları

Isı yalıtımına sadece bireysel anlamda bir enerji tasarrufu olarak bakmamak gerekir. Ülke ekonomisine direk katkı sağlayan bir uygulamadır. Enerji olarak çok fazla dışa bağımlı olan bir ülke olarak ne kadar enerji tasarrufu sağlarsak ülke ekonomisine de o kadar katkı sağlarız.

Isı yalıtımının başlıca faydaları; (Bektaş vd., 2017)

- Yapılarda ısı yalıtımı uygulamaları ile binalarda kullanılan enerji miktarları azaltılabilir, dolayısıyla enerji tasarruflu binalar üretilebilir.

- Doğru ısı yalıtım uygulamaları ile harcadığımız enerji miktarı her yıl azalır.

- Isı yalıtımı, binalarda meydana gelen ısı köprülerinin oluşmasını engeller.

- Isı yalıtımı yapılmış evlerde, ısı dengeli şekilde yayıldığından yoğuşma ve hava akımı gibi istenmeyen durumlar meydana gelmez ve konforlu ortamlar oluşur.

- Küf ve nem oluşumunun önüne geçerek sağlıklı ve iç hava kalitesi yüksek ortamlar meydana gelmesine yardımcı olur.

- Bina cephesi dış etkenlere karşı korunur ve korozyonun önüne geçilmiş olur.

- Yakıt tüketiminin azalmasıyla çevreye salınan zararlı gazlar azalır.

1.1.3. Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri

Konutlarda ısı kayıpları en çok dış duvarlar, pencereler, çatı ve zeminde meydana gelmektedir. Isı kayıplarının oranları binaların mimarisi, bulunduğu bölgesi, konumu, ısı yalıtım durumu ve ısı yalıtımında kullanılan malzemeye göre değişiklik göstermektedir.

Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde duvarlar, tek bir katmandan oluşabilir veya içerisinde yalıtım malzemesi barındıran, birden fazla katmandan oluşan bir yapı elemanı olarak da ele alınabilmektedirler. Yalıtım malzemeleri; su, ısı ve yangına karşı korunum sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Yalıtım malzemesi seçerken kullanılacak yerin özelliklerine bakılması gerekir.

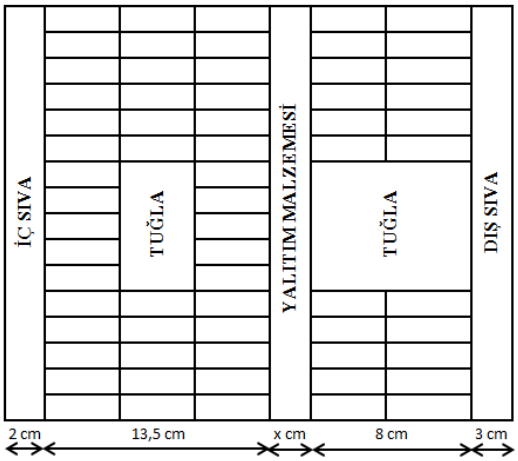
Ülkemizde sıklıkla lifli ve köpük malzemeler tercih edilmektedir. Lifli malzemeler; taş yünü ve cam yünü gibi mineral yünler ve ahşap yünü, köpük malzemeler ise; genleştirilmiş polistren köpük (EPS) ve haddeden çekilmiş polistren köpük (XPS) gibi polistren köpükler ve poliüretan köpükler olmaktadır. Dış duvarlarda kullanılacak yalıtım malzemelerini nemle temas ettiğinde mahalin yapısını olumsuz yönde etkilemeyen ve yalıtım özelliğinde bir değişiklik olmayan malzemelerden seçmek gerekmektedir.

Günümüzde Türkiye'de dış duvarlardaki yalıtım, ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre 4 farklı sistemde uygulanmaktadır: (Sezer, 2005).

- Duvarların Dış Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları (Mantolama)
- Duvarların İç Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları
- Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamaları (Sandviç Duvar)
- Havalandırmalı Dış Duvar Yalıtım Uygulamaları (Giydirme Cephe Sistemi)

1.2. SEÇİLEN DIŞ DUVAR TİPİNİN YAPISI VE HESAPLAMALARDA KULLANILAN PARAMETRELER

Yapılan çalışmada sandviç duvar uygulaması ele alınmış ve yalıtım malzemesi olarak da sıkça kullanılan edilen polistren ve taşyünü seçilmiştir.



Şekil 1. Seçilen Duvar Yapısı

Şekil 1'de yapılan çalışma için seçilen duvar yapısının şekli görülmektedir. Duvar yapısı 2 cm iç sıva, 13.5 cm tuğla, yalıtım malzemesi, 8 cm tuğla, 3 cm dış sıvadan oluşmaktadır. Çalışmamızda optimum yalıtım kalınlığı hesaplamalarında taş yünü, polistiren malzemeleri

kullanılacak olup bu yalıtım malzemelerinin Marmara Bölgesi için optimum yalıtım kalınlığı ve yaşam döngüsü maliyet analizine göre geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

Seçtiğimiz duvar tipinin yapısındaki malzemeler ile hesaplamalarda kullanılan farklı yalıtım malzemelerine ait değerler Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Seçilen Duvara Ait Hesaplamalarda Kullanılan Parametreler

Parametreler		**Değer**
Duvar Yapısı		
2 cm	İç Sıva	k = 0.87 W/mK
13.5 cm	Tuğla	k = 0.45 W/mK
x cm	Yalıtım Malzemesi	k = 0.035 W/mK (Polistren)
		k = 0.040 W/mK (Taşyünü)
8 cm	Tuğla	k = 0.45 W/mK
3 cm	Dış Sıva	k = 0.87 W/mK
	İç Isı Taşının Katsayısı	h_i = 8.29 W/m^{2}K
	Dış Isı Taşınım Katsayısı	h_d = 34 W/m^{2}K
Yalıtım (Polistiren) (Al-Sanea vd,2005;Bollatturk,2008;Daouas,2011)		
Yalıtım (Taş Yünü) (Kürekçi vd, 2012)		
Polistren (EPS)		
İletkenlik		k= 0.035 W/mK (Kaynakli, 2013)

Malzeme Maliyeti	142 USD/m^3
Kurulum Maliyeti	4.7339 USD/m^2
Taş Yünü	
İletkenlik	k = 0.040 W/mK (Kürekçi vd, 2012)
Malzeme Maliyeti	307.71 USD/m^3
Kurulum Maliyeti	4.7339 USD/m^2
Yakıt (Doğal Gaz) (http://www.bursagaz.com)	
Fiyat Cf	0.263 USD/m^3
Alt Isıl Değer	34.526 x 10^6 J/m^3
Verim, η	0.93
Elektrik	
Fiyat Cf	0.08695 USD/ kWh (https://gazelektrik.com/s-s-s/epdk-elektrik-tarifeleri-2018)
Soğutma Sistemi Performans Katsayısı ,COP	2.5 (Bollatturk, 2008;Soylemez ve Unsal, (1999)
Finansal Parametreler (TCMB 2018; TUIK 2018)	
Faiz Oranı ,i	24%
Enflasyon Oranı ,g	21.62%
Ömür , LT	20
Mevcut Değer, PV	24.66

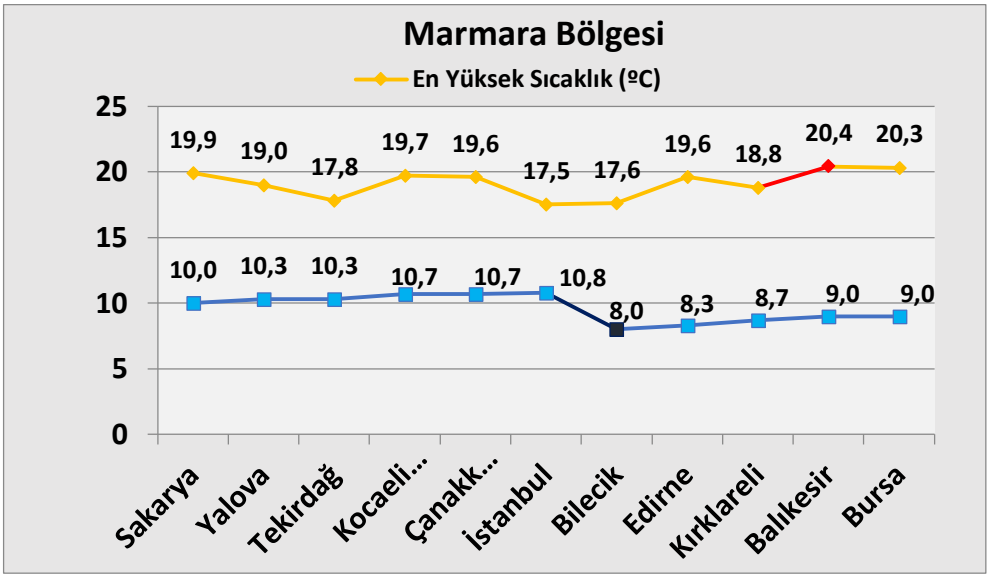
USD = 5.2810 TL

Tablo 2'de ise Marmara bölgesinin hesaplamalarda ihtiyaç olacak değerleri verilmiştir. Tabloda enlem, boylam, rakım değerleri, yıllık ortalama en yüksek ve en düşük sıcaklıkları ile birlikte ısıtma derece-gün (HDD) ile soğutma derece-gün (CDD) değerleri görülmektedir.

Tablo 2. Marmara Bölgesi'ndeki illere ait değerler

Şehir	**Enlem**	**Boylam**	**Rakım (m)**	**HDD**	**CDD**	**Yıllık Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)**	**Yıllık Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)**
Sakarya	30,25	40,47	30	1833	10	19,9	10
Yalova	29,16	40,39	2	1843	4	19	10,3
Tekirdağ	27,29	40,59	4	2032	3	17,8	10,3
Kocaeli	29,54	40,46	76	1786	18	19,7	10,7
Çanakkale	26,24	40,08	3	1789	25	19,6	10,7
İstanbul	29,05	40,58	39	1865	6	17,5	10,8
Bilecik	29,58	40,09	526	2397	7	17,6	8
Edirne	26,34	41,4	48	2224	16	19,6	8,3
Kırklareli	27,13	41,44	232	2274	20	18,8	8,7
Balıkesir	27,52	39,39	147	1914	20	20,4	9
Bursa	29,04	40,11	100	1920	12	20,3	9

Şekil 2'de ise Marmara bölgesindeki illerin yıllık en düşük ve en yüksek sıcaklıklarını gösteren grafik görülmektedir.



Şekil 2. Marmara Bölgesi Yıllık En Düşük ve En Yüksek Sıcaklıklar

3.MATEMATİKSEL YÖNTEM

3.1 Isı Kayıpları ve Enerji Gereksinimi

Yapının dış duvarının birim yüzeyinden olan ısı kaybı,

$$q = U\,(T_b - T_0) \qquad (1)$$

denklemiyle hesaplanabilir. Burada U seçtiğimiz duvarın toplam ısı transfer katsayısını ifade etmektedir.

Birim yüzey alanı için yıllık ısı kaybını bölgelere göre Tablo 2'de bulunan ısıtma ve soğutma derece-gün (HDD, CDD) değerlerinden yararlanılarak eşitlik (2) ile hesaplanabilir.

$$Q = 86400.\ DG.\ U \qquad (2)$$

Seçtiğimiz dış duvarın birim yüzeyinden oluşan ısı kaybı nedeni ile ısıtma için gereken yıllık enerji miktarı E_h, yıllık ısı kaybının seçilen yakıta göre (doğalgaz) yakma sisteminin verimine bölünmesiyle hesaplanabilir. Burada η, ısıtma sisteminin verimini ifade etmektedir.

$$E_h = 86400.HDD.U / \eta \quad (3)$$

Soğutma için gereken yıllık enerji miktarı eşitlik (4) ten faydalanılarak hesaplanabilir. COP, soğutma sisteminin performans katsayısını ifade etmektedir.

$$E_c = 86400.CDD.U / COP \quad (4)$$

Seçtiğimiz duvar için yalıtım olması durumunda toplam ısı iletimi,

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_W + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_0}} \quad (5)$$

şeklindedir. Burada h_i ve h_0 sırasıyla duvarın iç ve dış tarafındaki ısı taşınım katsayıları, R_W yalıtımsız duvarın ısıl direnci, x ve k sırasıyla yalıtım malzemesinin kalınlığı ve ısı iletim katsayısını ifade etmektedir. Binanın iç ve dış tarafındaki ısı taşınım katsayıları için h_i = 8,29 W/m^2K ve h_0 = 34,0 W/m^2K değerleri kullanılmıştır (Çengel,1998) .

Seçtiğimiz duvarda yalıtım olmadığı durumda toplam ısıl direnci $R_{t,w}$ olmak üzere toplam ısı iletimi formülünü tekrar düzenlersek,

$$U = \frac{1}{R_{t,w} + \frac{x}{k}} \quad (6)$$

elde edilir.

Isıtma için gereken yıllık enerji ihtiyacı eşitlik (7) kullanılarak hesaplanabilir.

$$E_h = \frac{86400\ HDD}{(R_{t,w} + \frac{x}{k})\eta} \quad (7)$$

H_u, seçtiğimiz yakıt tipi olan doğalgazın alt ısıl değeri olmak üzere, ısıtma için yıllık yakıt tüketimi eşitlik (8) deki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$m_f = \frac{86400\ HDD}{(R_{t,w} + \frac{x}{k}).H_U.\eta} \quad (8)$$

Soğutma için gereken yıllık elektrik enerjisi gereksinimini eşitlik (9) kullanılarak hesaplanabilir.

$$E_c = \frac{86400\ CDD}{(R_{t,w} + \frac{x}{k})\text{COP}} \tag{9}$$

3.2 Maliyetler ve Optimum Yalıtım Kalınlığı

Toplam maliyet (C_t), seçilen yalıtım malzemelerinin birim maliyeti (C_{ins}), yalıtımın kurulum maliyeti (C_{ad}) ve ısıtma maliyetinin (C_h) toplamından oluşmaktadır.

$$C_t = C_{ins}\ \text{x} + C_{ad} + C_h\ \text{PV} \tag{10}$$

Bu çalışmada, seçtiğimiz duvar için kullanım ömrü süresince enerji maliyetinin hesaplanmasında ömür maliyet analizi kullanılmıştır. Toplam ısıtma maliyeti hesaplanırken ömür süresi (LT) ve bugünkü değerin (PV) birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. PV değeri, zamana ve gerçek faiz oranına bağlıdır. Gerçek faiz oranı, enflasyon (g) ve faiz oranı (i) değerlerine bağlı olarak aşağıdaki denklemle hesaplanabilir.

$$\text{PV} = \frac{1+i}{g-i}\,[1 - (\frac{1+i}{1+g})^{LT}] \qquad g \neq i \tag{11}$$

$$\text{PV} = \frac{LT}{1+g} \qquad g = i \tag{12}$$

Yıllık yakıt miktarı hesaplandıktan sonra seçtiğimiz yakıtın (doğalgaz) birim fiyatı (C_f) ile çarpılması sonucunda yıllık yakıt maliyeti hesaplanabilir. Birim yüzey alanı için ısıtmanın yıllık maliyeti eşitlik (10) kullanılarak hesaplanabilir.

$$C_h = \frac{86400.HDD.C_f}{(R_{t,w} + \frac{x}{k}).H_U.\eta} \tag{13}$$

Bu durumda toplam ısıtma maliyeti ($C_{t,h}$) eşitlik (14) yardımı ile hesaplanabilir.

$$C_{t,h} = C_{ins}\ \text{x} + C_{ad} + \frac{86400.HDD.C_f}{(R_{t,w}+\frac{x}{k}).H_U.\eta}\ \text{PV} \tag{14}$$

$$x_{opt,h} = (\frac{86400\ HDD\ C_f\ PV\ k}{\eta\ \text{LHV}\ C_{ins}})^{1/2} - R_{t,w}\ k \tag{15}$$

Aynı işlemler soğutma durumu ele alınarak tekrarlandığında toplam maliyet ve optimum yalıtım kalınlığı sırası ile eşitlik (16) ve eşitlik (17) den yararlanılarak hesaplanabilir.

$$C_{t,c} = C_{ins}\,\mathrm{x} + C_{ad} + \left(\frac{86400\ CDD\ C_e\ PV}{(R_{t,w}+x/k)\ COP}\right) \quad (16)$$

$$x_{opt,c=} \left(\frac{86400\ CDD\ C_e\ PV\ k}{\mathrm{COP}\ C_{ins}}\right)^{1/2} - R_{t,w}\ k \quad (17)$$

Maliyetler göz önüne alındığında yıl içerisinde hem ısıtma hem soğutma durumu gerçekleştiğinden, optimum yalıtım kalınlığı ve maliyet hesaplarında bu iki durum birlikte değerlendirilmelidir. Toplam maliyet aşağıdaki denklemden kullanılarak hesaplanabilir.

$$C_{t,a} = C_{ins}\,\mathrm{x} + C_{ad} + \left(\frac{86400\ HDD\ C_f\ PV}{(R_{t,w}+x/k)\ H_U\eta}\right) + \left(\frac{86400\ CDD\ C_e\ PV}{(R_{t,w}+x/k)COP}\right) \quad (18)$$

Bu durumda optimum yalıtım kalınlığı eşitlik (19) dan yararlanılarak hesaplanabilir.

$$x_{opt,a} = 293.94\left(\frac{PV}{C_{ins}}\right)^{1/2}\left(\frac{k\left(\frac{C_f\ HDD}{H_u\eta}+\frac{C_e\ CDD}{COP}\right)}{C_{ins}}\right)^{1/2} - R_{t,w}\ k \quad (19)$$

Yalıtım yapılması ve yapılmaması durumlarındaki toplam maliyetlerin farkından, yalıtım sonucundaki toplam kazanç (ECS) eşitlik (20) kullanılarak elde edilir.

$$\mathrm{ECS} = [C_{h,pv} + C_{c,pv}](\mathrm{x} = 0) - [C_{h,pv} + C_{c,pv}](x_{opt,a} = 0) \quad (20)$$

Geri ödeme süresi, yalıtım malzemesinin maliyeti, kurulum maliyeti, yalıtım sonucundaki toplam kazanç ve ömür parametrelerine bağlı olup aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$\text{Geri Ödeme} = \frac{C_{ins}\,x_{opt,a} + C_{ad}}{ECS/LT} \quad (21)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada Marmara Bölgesi için ısıtma ve soğutma durumu ile yıllık optimum yalıtım kalınlığı değerleri hesaplanmıştır. Tablo 3'te polistren, Tablo 4'te ise taşyünü için elde edilen sonuçlar görülmektedir.

Tablo 3. Polistren için optimum yalıtım kalınlıkları ve geri ödeme süreleri

Şehir	Isıtma için optimum yalıtım kalınlığı $x_{opt,h}$ [cm]	Soğutma için optimum yalıtım kalınlığı $x_{opt,c}$ [cm]	Yıllık optimum yalıtım kalınlığı $x_{opt,c}$ [cm]	Geri ödeme süresi [yıl]
Sakarya	6,22	0	6,25	7.9818
Yalova	6,24	0	6,25	7.9733
Tekirdağ	6,66	0	6,67	7.4313
Kocaeli	6,11	0	6,16	8.1024
Çanakkale	6,11	0	6,19	8.0650
İstanbul	6,29	0	6,31	7.8969
Bilecik	7,43	0	7,44	6.600
Edirne	7,07	0	7,11	6.9329
Kırklareli	7,18	0	7,23	6.8155
Balıkesir	6,4	0	6,46	7.699
Bursa	6,42	0	6,45	7.710

Tablo 4. Taşyünü için optimum yalıtım kalınlıkları ve geri ödeme süreleri

Şehir	Isıtma için optimum yalıtım kalınlığı $x_{opt,h}$ [cm]	Soğutma için optimum yalıtım kalınlığı $x_{opt,c}$ [cm]	Yıllık optimum yalıtım kalınlığı $x_{opt,c}$ [cm]	Geri ödeme süresi [yıl]
Sakarya	3,6	0	3,62	11.6767
Yalova	3,61	0	3,62	11.6639
Tekirdağ	3,92	0	3,93	10.8573
Kocaeli	3,52	0	3,56	11.8576
Çanakkale	3,52	0	3,56	11.800
İstanbul	3,65	0	3,66	11.5496
Bilecik	4,47	0	4,49	9.6380
Edirne	4,22	0	4,25	10.1232
Kırklareli	4,29	0	4,33	9.9513
Balıkesir	3,73	0	3,77	11.2552
Bursa	3,74	0	3,75	11.2714

Elde edilen sonuçlara bakıldığında sandviç duvar uygulamasında polistren yalıtım malzemesi için Marmara Bölgesi'de optimum yalıtım kalınlığı ısıtma durumu için 6,11 ile 7,43 cm, yıllık ortalama kalınlık ise 6,16-7,44 cm arası bulunmuştur. Taşyünü yalıtım malzemesi için ise optimum yalıtım kalınlığı ısıtma durumu için

3,52 ile 4,47 cm, yıllık ortalama değerleri ise 3,56 ile 4,49 cm olarak bulunmuştur. Geri ödeme süresi ise yalıtım kalınlıklarına bağlı olarak polistren için 6,6 ile 8,1024 yıl, taşyünü için ise 9,638 ile 11,8576 yıl arası olarak bulunmuştur. Değerlere bakıldığında Marmara Bölgesi için ısıtma durumu ve yıllık ortalama değerler arasında çok büyük farklılıklar görülmemektedir. Taşyününün ısı iletim katsayısı daha düşük olduğundan optimum yalıtım kalınlıkları polistrene göre daha düşük değerlerdedir. Geri ödeme sürelerinde bakıldığında taşyününün birim fiyatı daha yüksek olduğundan geri ödeme süresinin de daha fazla olması beklenen bir sonuçtur.

Optimum yalıtım kalınlıkları arasında şehirlere göre çok fark olmamasına rağmen büyük yüzey alanlarına uygulamalar yapıldığından dolayı yatırım maliyetlerinde yüksek fiyat farklılıkları çıkabilir. Bu sebepten dolayı yalıtım kalınlığını seçerken şehirlere göre değerlendirmek faydalı olacaktır. Polistrenin maliyeti düşük olmakla birlikte ısı iletim katsayısına bağlı olarak taşyününe göre daha kalın malzeme kullanmak gerekecektir. İnce yalıtım malzemesi kullanılmak istenen yerlerde ısı iletim katsayısı düşük olan malzemeler tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

Al-Sanea, S.A., Zedan, M.F. ve Al-Ajlan, S.A. (2005). "Effect of electricity tariff on the optimum insulation thickness in building walls as determined by a dynamic heat-transfer model", Applied Energy, 82, 313-330.

Bektaş, V., Çerçevik, A. E. ve Kandemir, S. Y. (2017)." Binalarda Isı Yalıtımının Önemi ve Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığının Yalıtıma Etkisi", Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(1), 36-42.

Bolatturk, A. (2008). "Optimum insulation thicknesses for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey", Building and Environment, 43(6), 1055-1064.

Daouas, N. (2011). "A study on optimum insulation thickness in walls and energy savings in Tunisian buildings based on analytical calculation of cooling and heating transmission loads", Applied Energy, 88, 156-64.

Kaya, M., Fırat, İ., ve Çomaklı, Ö. (2016). "Erzincan ilindeki binalarda ısı yalıtımının enerji tasarrufuna etkisinin ekonomik analizi", Isı Bilimi ve Teknigi Dergisi, 36(1). 47-55.

Kayfeci, M., Keçebaş, A. ve Gedik, E. (2013). "Determination of optimum insulation thickness of external walls with two different methods in cooling applications", Applied thermal engineering, 50(1), 217-224.

Kaynakli, Ö. (2013). "Optimum Thermal Insulation Thicknesses and Payback Periods for Building Walls in Turkey", Isi Bilimi Ve Teknigi Dergisi-Journal of Thermal Science and Technology, 33(2), 45-55.

Kürekçi, A., Bardakçı, A. T., Çubuk, H. ve Emanet, Ö. (2012), "Türkiye'nin tüm illeri için optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi", Tesisat Mühendisliği, 131, 5-21.

Pargana, N., Pinheiro, M.D., Silvestre, J.D. ve de Brito, J. (2014). "Comparative environmental life cycle assessment of thermal insulation materials of buildings", Energy and Buildings, 82, 466-481.

Sezer, F.Ş. (2005). "Türkiye'de ısı yalıtımının gelişimi ve konutlarda uygulanan dış duvar ısı yalıtım sistemleri", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 10(2), 79-85.

Soylemez, M.S. ve Unsal, M. (1999). "Optimum insulation thickness for refrigeration applications", Energy Conversion and Management, 40, 13-21.

Ucar, A. ve Balo, F. (2010). "Determination of the energy savings and the optimum insulation thickness in the four different insulated exterior walls", Renewable Energy, 35(1), 88-94.

Ucar, A. (2010). "Thermoeconomic analysis method for optimization of insulation thickness for the four different climatic regions of Turkey", Energy, 35(4), 1854-1864.

TCMB, (2018) Central Bank of the Republic of Turkey (Erişim Adresi = http:// www. tcmb. gov .tr).

TUIK, (2018) Turkish Statistical Institute. Prime Ministry Republic of Turkey (Erişim Adresi = www.turkstat.gov.tr) https://gazelektrik.com/s-s-s/epdk-elektrik-tarifeleri-2018 Erişim Tarihi=08.11.2018

TRAFİK KAZASI OLUŞUMU ETKENLERİNDEN YARARLANARAK MAKİNE ÖĞRENME YÖNTEMLERİ İLE KAZA ŞİDDETİ TAHMİNİ

Öğr. M. Ayhan ÇETİN
Harran Üniversitesi

ÖZET: Trafik kazaları genellikle ulaşımın temel unsurları olan insan, taşıt, karayolu ve çevre koşulları sonucunda ortaya çıkan ve maddi hasar, yaralanma, ölüm gibi sonuçlara sebebiyet veren olayların bütünüdür. Trafik kazalarını etkileyen birçok faktör sayılsa da ülkemizde genelde ilk akla gelen etken sürücü hataları olarak göze çarpmaktadır. Bir trafik kazası oluştuğunda öncelikle raporlar tutulur ve sürücülere hatalar paylaştırılır. Çünkü kaza raporunu tutan görevlilerin yolun geometrisi vb. konularda bilgisi yoktur. Oysaki sürücü hatalarının yanında; hava koşulları, yolun geometrik özellikleri gibi birçok faktör trafik kazalarının oluşmasında önemli etkenlerdendir. Yapılan çalışmada Yeni Zelanda Ulaştırma Ajansından alınan; yolların eğimi, şerit sayısı, aydınlığı, kuru veya ıslaklığı, olabilecek hız sınırı, yollarda bulunan yaya, bisikletli ve ağaç gibi bilgilerin bulunduğu veri seti kullanılarak yollarda oluşan kazaların ciddi veya basit hasarlı oluşu tahmin edilmiştir. Tahminleme işlemi makine öğrenme algoritmalarından K en yakın komşu, Destek Vektör Makinaları ve Karar Ağaçları kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen performans değerlerinin yüksek oluşu, bu tür yöntemlerin olası trafik kazalarının önlenmesi çalışmalarında yardımcı olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Trafik Kazaları; Yol Faktörleri; K En Yakın Komşu; Destek Vektör Makinaları; Karar Ağaçları.

Estimation of Accidental Violence By Using Machine Learning Methods Using the Traffic Accident

ABSTRACT: Traffic accidents are total of the incidents which are generated from the basic elements of traffic that are human, vehicle, environmental aspect and cause financal loss, wounding, death. Although there are many factors which affect the accidents, in our country the first thing coming to mind is driver failure. When an accident happens firstly a report is kept and the fault is allocated to drivers .Because the attendants are not aware of the subjects like geometry of roads.Besides driver failure, there are many different factors such as dimate , geometric properties of road which cause traffic accidents. It is estimated by the information of abliquity ,moistness, dryness of the road taken

from New Zeland Transport Agency , whether the accidents are serious or ordinary. Estimation process is made by using K near neighbour, support vector machine and decission tree from machine learning algorithms.The high levels of performance valve shows that this kind of methods can help traffic accidents. of probable.

Keywords: Traffic Accidents; Road Factors; K Near Neighbour; Support Vector Machine; Decission Tree.

1.GİRİŞ:

Trafik kazaları genellikle ulaşımın temel unsurları olan insan, taşıt, karayolu ve çevre koşulları sonucunda ortaya çıkan ve maddi hasar, yaralanma, ölüm gibi sonuçlara sebebiyet veren olayların bütünüdür. Trafik kazalarını etkileyen birçok faktör olmasına rağmen ülkemizde ilk akla gelen kaza sebebi sürücü hataları olarak değerlendirilmektedir. Kaza raporlarını tutan görevlilerin yolun geometrisi vb. konularda bilgi sahibi olmadıklarından kaza raporlarında hatalar sürücülere paylaştırılmaktadır. Oysaki sürücü hatalarının yanında; hava koşulları, yolun geometrik özellikleri gibi birçok faktör trafik kazalarının oluşmasında önemli etkenlerdendir. Ülkemizde trafik kazalarının artış göstermesinin en önemli sebebi, çözüm için yapılan araştırma ve çalışmalarda doğru hedef ve stratejinin belirlenememesi, sorunun çözümünde bilimsellik ve mühendislik çalışmalarının gerektiğinin tam anlaşılamamış olmasıdır. Trafik kazalarının oluşumunda, sürücü davranışları, karayolunun geometrisi ve çevresel faktörler ve araçların özellikleri olmak üzere üç temel faktör etkili olmaktadır.

Bunların içerisinde sürücü davranışları tek başına %57 iken, yol ve araç kusurları ile beraber %93 oranına ulaşmaktadır (Rumar, 1985). Türkiye'de trafik kaza istatistikleri incelendiğinde kusurların %88,6' sının sürücülere, %9,4'ünün yayalara, %0,6' sının taşıt arızalarına, %0,5' inin yolculara, %1' inin ise yol kusurlarına ait olduğu görülmektedir (TÜİK, 2014). Bu verilerde görüldüğü gibi ülkemizde karayolunun geometrik özelliklerinin trafik kazalarındaki payı oldukça azdır. Türkiye'de 2015 yılında ölümlü yaralanmalı trafik kazasına neden olan toplam 210 bin 498 kusura bakıldığında kusurların %89,3'ünün sürücü, %8,8'inin yaya, %0,9'unun yol, %0,6'sının taşıt ve %0,4'ünün yolcu kaynaklı olduğu görülmüştür (TÜİK, 2015). Trafik kazalarının oluşmasına birbirinden farklı birçok değişken sebep olduğu için, trafik güvenliğini sağlamak oldukça karmaşık bir alan olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle sınırlı sayılabilecek ülke kaynaklarının doğru ve sonuç getirecek önlemlere sarf edilebilmesi için trafik kazalarının meydana gelmesinin nedenlerinin doğru bir biçimde belirlenmesi gerekmektedir. Kazalardan sonra trafik memurlarınca tutulan kaza tuta-

naklarına bakılırsa, ana faktörler belirlenmektedir. Buna göre trafik kazalarının sebepleri insan, taşıt, yol ve hava koşulları olarak ön plana çıkmaktadır (Baş, 2015). Literatürde değişik yöntemlerle geliştirilmiş birçok kaza tahmin modeli bulunmaktadır. Bu çalışmalarda ya istatistiksel ya da makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır. Sohn ve Shin Yapay Sinir Ağı (YSA), Lojistik Regresyon, Karar Ağacı yöntemlerini kullanarak Kore'de meydana gelen trafik kazalarının şiddetini etkileyen sebepleri incelemişlerdir ve üç model sonuçlarında önemli bir farklılık bulamamışlardır (Sohn ve Shin, 2010). Çelik ve Oktay Erzurum-Kars otoyolunda 2008-2013 yılları arasında meydana gelen 11.771 trafik kazasını incelemişlerdir (Çelik ve Oktay, 2014). Kazaları yaralanma derecesine göre ölümlü, yaralanmalı ve maddi hasarlı olarak sınıflandırdıktan sonra multinominal lojik analiz yöntemiyle yaralanma derecesine etki eden sebepleri belirlemişlerdir. Buna göre, 65 yaş üstü sürücü, ilkokul mezunu sürücü, tek araçlı kazalar, otoban veya şehirlerarası yolda meydana gelen kazaların ve kaza alanında yaya kaldırımı bulunması etkenlerinin ölümlü kaza riski üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Çelik ve Oktay, 2014).

Trafik kaza analizlerinin ve tahminlerinin son yıllarda üzerinde çok çalışılan bir alan olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda, istatistiksel modeller bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında önceden tanımlanmış sabit varsayımlara göre hareket etmektedir ve bu varsayımların çiğnenmesi durumunda tutarlı sonuç vermemektedir. Fakat, makine öğrenmesi yöntemleri bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında önceden tanımlı herhangi bir ilişkinin varlığını gerektirmemekte ve trafik kaza tahminlerinde oldukça başarılı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

2. MATERYAL VE METODLAR

2.1.Çalışmada Kullanılan Veri Seti

Yapılan çalışmada Yeni Zelanda Ulaştırma Ajansından alınan; yolların eğimi, şerit sayısı, aydınlığı, kuru veya ıslaklığı, olabilecek hız sınırı, yollarda bulunan yaya, bisikletli ve ağaç gibi bilgilerin bulunduğu veri seti kullanılarak yollarda oluşan kazaların ciddi veya basit hasarlı oluşu tahmin edilmiştir. Veri seti toplam 9780 örnek ve 18 öznitelikten oluşmuştur. Örneklerin 4858 adeti ağır hasarlı kazalar 4922 adeti ise hafif hasarlı kazalardan meydana gelmiştir. Kayda alınan veri setinden tüm parametreler kullanılmamıştır. Trafik kazalarında daha fazla etkisi olan veriler işleme alınarak, normalizasyon işlemine tabi tutulmuşlardır. Çalışmada kullanılan veri setindeki değişkenler ve özellikleri Tablo I' de verilmiştir.

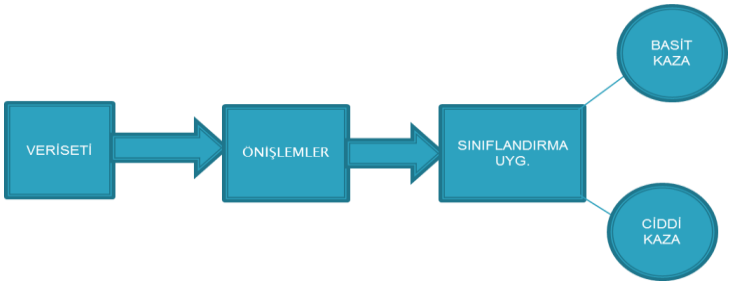
Tablo 1. Trafik kazası veri seti değişkenler ve özellikleri

No	Değişkenler	Özellikler
1	Yaya Sayısı	0-1
2	Bisiklet Sayısı	0-1-2-3
3	Araba İstasyonu Sayısı	0-1-2-3-4-5-6-7-8
4	Hava Durumu	Açık, Sağanak yağışlı, Hafif yağmurlu, Sisli, Karlı
5	Şerit Sayısı	0-1-2-3-4-5-6-7-8
6	Yolun Yönü	Doğu, Batı, Kuzey, Güney
7	Yolun düz veya tepe oluşu	Düz, Tepe
8	Havanın ışığı	Parlak güneşli, Karanlık, Bulutlu, Alaca karanlık
9	Yol aydınlatması	Karanlık, Aydınlık
10	Araç Sayısı	Sadece bisiklet, Çoklu araç, Diğer, Tek araç-Araç+bisiklet, Diğer birçok araç, Araç+yaya
11	Yolun Eğimi	Az eğimli, Orta eğimli, Çok eğimli, Düz yol
12	Yol hattı	1-2
13	Yol İşaretleri	Merkez çizgisi, İşaret yok, Geçiş çizgisi yok, Boyalı ada, Alt geçit, Yükseltilmiş ada
14	Yolun Islaklığı	Kuru, Buzlu, Karlı, Islak
15	Hız Sınırı	20-30-40-50-60-70-80-90-100
16	Yoldaki Ağaç Sayısı	0-1-2
17	Yolun Kentselliği	Açık yol, Şehir yolu

18	Kaza Şiddeti	Basit, Ciddi

2.2. Kaza Şiddeti Tahmininde Önerilen Sistem

Çalışma kapsamında önerilen kaza şiddeti tahmin etme akış şeması Şekil 1'de verilmiştir. Öncelikle elde edilen veriler bilgisayara aktarılıp, daha sonra kayıtların etkin öznitelik vektörleri elde edilmiştir. Normalizasyon işlemi ile veriler 0 ile 1 aralığına çekilip K en yakın komşu (KNN), destek vektör makinaları (DVM) ve karar ağaçları (KA)ile sınıflandırılması sağlanmıştır.



Şekil 1. Çalışmanın akış diyağramı

2.3. Çalışmada Kullanılan Yöntemler

Tahminleme işlemi için makine öğrenme algoritmalarından DVM, KNN ve KA kullanılmıştır. DVM yöntemi, Farklı sınıflara ait veri kümelerini birbirinden en uzak ve aynı sınıfa ait veri kümelerini ise en yakın olacak şekilde birbirinden ayırmaya çalışan bir yöntemdir. KNN sınıflandırma işleminde eğitim aşamasında eğitim verilerindeki örnekler sınıf bilgileri ile ilişkilendirilerek düzleme yerleştirilirler. Test aşamasında ise test verisindeki örnek düzleme yerleştirilerek en yakın komşularının sınıf bilgisine göre hangi sınıfa ait olduğuna karar verilir. KA yönteminde, Eğitim veri seti ile karar ağacı yapısı oluşturulur. Oluşturulan karar ağacı yapısına test verileri uygulanarak sınıflandırma başarı oranı hesaplanabilir. Karar ağacı yapıları kök, düğüm, dal ve yaprak adlı elemanlarından oluşur (Gümüşçü ve ark., 2018). Normalizasyon işlemi için D-Min-Max modeli kullanılmıştır. Modelin uygulanması eşitlik (1) ile verilmiş ve tüm veriler 0 ile 1 arasında normalize edilmiştir.

$$X' = 0.8*((Xi-Xmin)/(Xmax-Xmin))+0.1 \qquad (1)$$

X'=Normalize edilmiş veri, Xi=Girdi değeri Xmin= Girdi seti içerisinde yer alan en küçük sayıyı, Xmax= Girdi seti içerisinde yer alan en büyük sayıyı göstermektedir (Yavuz ve Deveci, 2012).

3. BULGULAR

Bu çalışmada, Yeni Zelanda Ulaştırma Ajansından alınan verilerden ağır hasarlı ve hafif hasarlı kazaların makine öğrenme algoritmaları ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Normalizasyon işlemi yapılıp sınıflandırma yöntemleri kullanılarak başarı oranları kayda alınmıştır. Başarı ölçütü olarak DD: Doğruyu doğru DY: Doğruyu Yanlış YD: Yanlışı doğru YY: Yanlışı yanlış tahmin etme kullanılmıştır. Tablo II de DVM, KNN ve KA sınıflandırma yöntemleri ile elde edilen ortalama başarı oranları verilmiştir. Başarı parametrelerinin hesabı, 2.8 GHz Intel Core i7 işlemci, 8 GB RAM özelliklerine sahip bir bilgisayarda yapılmıştır.

Tablo 2. Elde edilen başarı performansı

Kullanılan Yöntemler	Başarı (%)	DD	DY
		YD	YY
DVM	88,9	4151	707
		382	4540
KNN	87,9	4244	614
		571	4351
KA	88	4186	672
		497	4425

4. SONUÇ

Yapılan çalışmada trafik kaza veri seti kullanılarak, kazaların basit ve ciddi olarak tahminleme işleminde makine öğrenme algoritmalarından KNN, DVM ve KA yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerin başarı performansları Tablo II' de verilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, kullanılan tahminleme yöntemlerinin başarılı olduğu görülmektedir. DVM yönteminin % 88,9 ile en başarılı yöntem olduğu söylenebilir.

REFERANSLAR

Baş Fİ. Geçici Fiziksel Özelliklerden Yorgunluk ve Uykusuzluğun Sürücü Davranışı Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye, 2015.

Çelik AK, Oktay E. "A multinomial logit analysis of risk factors in fluencing road traafic injury severities in the Erzurum and Kars Provinces of Turkey", Accident Analysis and Prevention, 72, 66-77, 2014.

Gümüşçü, A., Karadağ, K., Çalişkan, M., Tenekecı, M. E., & Akaslan, D. (2018, May). Gender classification via wearable gait analysis sensor. In 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) (pp. 1-4). IEEE.

Rumar, K. 1985. The Role of Perceptual and Cognitive Filters in Observed Behavior: Human Behavior in Traffic Safety, New York: Plenum Press.

Sohn SY, Shin H. "Pattern recognition for road traffic accident severity in Korea". Ergonomics, 44(1), 107-117, 2010.

Türkiye İstatistik Kurumu Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2014.

Türkiye İstatistik Kurumu Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2015.

Yavuz, S., & Deveci, M. (2012). İstatiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağın Performansına Etkisi. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Fakültesi Derg, 40, 167-187.

KAN BASINCI ÖLÇÜMÜ İÇİN ARDUINO TABANLI BİR SİSTEM TASARIMI

Dr. Öğr. Ü. Muhammet Serdar BAŞÇIL
Yozgat Bozok Üniversitesi

ÖZET: Teknolojinin hızla gelişmesi ile birlikte manuel ölçüm yapan aletler, yerini otomatik ölçüm yapabilen biyomedikal cihazlara bırakmaktadır. Kan basıncı pratik uygulamalarda doğrudan ölçülebilen biyolojik bir parametre olup, bu parametrenin ölçümünde kullanılan biyomedikal cihazlar hastalıkların ön tanısında yer alır. Bu çalışmada, oskültasyon yöntem kullanılarak kan basıncı değerini ölçen ve gösteren, kolay kullanıma sahip prototip bir cihaz tasarımı amaçlanmıştır. Referans olarak kabul edilen manuel manometreli maşondaki hava basıncı, hassas bir basınç sensörü sayesinde algılandı ve kola yerleştirilen bir atım sensörü ile de korotkoff sesleri dinlendi. Elde edilen basınç değerleri ve pulse verileri karar verme ünitesi olarak kullanılan Arduinoya aktarıldı. Gerekli dönüşüm fonksiyonları uygulandıktan sonra kan basıncı değeri referans manometre ile karşılaştırılarak basınç sensörünün kalibrasyonu yapıldı. Alınan tüm değerler sonuçlandırılarak, sistolik ve diyastolik kan basıncı değerleri mmHg cinsinden otomatik olarak ölçüldü ve sistem üzerine yerleştirilen LCD ekran yardımıyla görüntülendi. Sonuç olarak, daha verimli ve kolay kullanıma sahip prototip bir sistem ortaya çıkarıldı.

Anahtar Kelimeler: Kan basıncı, Oskültasyon, Basınç sensörü, Pulse sensör, Arduino

A System Design For Blood Pressure Measurement With Arduino

ABSTRACT: The manual measurement instruments are being replaced by biomedical devices capable of automatic measurement with the rapid development of technology. Blood pressure is a biological parameter that can be measured directly in practical applications and biomedical devices are used in the measurement of this parameter for pre-diagnosis of diseases. In this study, it is aimed to design an easy-to-use prototype device that measures and displays blood pressure using auscultation method. The air pressure in the manual sphygmomanometer pressure was detected by a precision pressure sensor and korotkoff sounds were listened with a pulse sensor placed on the arm. The pressure values and pulse data were transferred to Arduino a decision making unit. After performing the necessary conversion functions, the pressure sensor was

calibrated by comparing the blood pressure value with the reference manometer. Both of the systolic and diastolic blood pressure values were automatically measured in mmHg and displayed on an LCD. As a result, a more efficient and easy to use prototype system was created.

Keywords: Blood pressure, Auscultation, Pressure sensor, Pulse sensor, Arduino

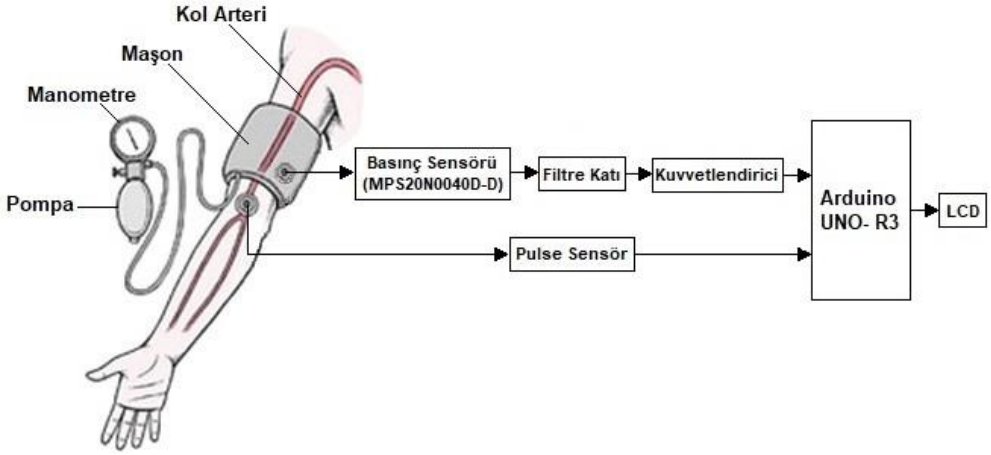
1. GİRİŞ

Kan basıncı, pratik uygulamalarda indirek (noninvaziv) olarak ölçülebilen biyolojik bir parametre olup, kalp ve damarlar hakkında bilgi verir. Ayrıca kan basıncı, tansiyon gibi risk içeren hastalıların ön tanısında da kullanılan bir parametredir. Kan basıncı kalbin kasılması ve gevşemesi evrelerinde damarlar üzerinde meydana gelen basın olarak bilinir. Kalp kasıldığı sırada kanın damarlar üzerinde oluşturduğu basınç sistolik kan basıncı ve gevşemesi sırasında oluşturmuş olduğu basınç ise diyastolik kan basıncı olarak bilinir (Altunkaya, Ezginci, 2003). Dinlenme esnasında sistolik ve diyastolik kan basınçlarının normal değerleri sırasıyla 120mmHg ve 80mmHg olarak kabul edilir. Bu değerlerden daha yüksek kan basıncına sahip kişilerde yüksek tansiyon teşhisi konulabilir. Yüksek tansiyon bulunan kişilerde, vücuda yeterli kan pompalanması için kalp oldukça fazla çalışır ve bunun sonucunda kalp rahatsızlıkları baş göstermeye başlar (Barrett vd., 2012). Bu durum, bireylerin hastalık başlamadan kan basıncının düzenli bir şekilde ölçülmesi gerekliliğini ortaya çıkarır.

Bireylerin cinsiyeti, yaşı, kilosu, gün içerisinde yapılan aktiviteler gün anlık kan basıncı ölçüm değerlerini etkileyen faktörlerdendir. Manuel olarak yapılan işitsel kan basıncı ölçümü, oldukça uzun bir süredir en güvenilir yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde, dirseğin üst kısmına yerleştirilen hava maşonu sistolik kan basıncının üstüne çıkacak şekilde (200mmHg-250mmHg aralığında kadar) pompa ile şişirilir ve kol arteri sıkıştırılarak kan akışı durdurulur. Sonrasında, maşon içerisindeki hava basıncı kontrollü olarak yavaş yavaş azaltılmaya başlanır ve arter üzerine yerleştirilen steteskop ile atım sesleri dinlenir. Maşon basıncı, kalbin kanı pompaladığı basınca eşit olduğu anda, atım sesi (korotkoff sesleri) duyulur ve bu andaki basınç sistolik kan basıncı olarak bilinir. Maşondaki basınç azalmaya devam ederken sesin bir müddet devam ettiği ve daha sonra kesildiği farkedilir. Sesin kesilmiş olduğu bu andaki hava basıncı da diastolik kan basıncı olarak belirlenir (Beevers, 2001; Filiz, 2010). Bu çalışmanın amacı oskültasyon yöntemi olarak bilinen bu yöntemin, ilk etapta otomatik hale getirilmesini sağlamak maksatlı olarak prototip bir tasarım oluşturmaktır.

1.1. SİSTEM MİMARİSİ

Oskültasyon yöntemi kullanarak otomatik kan basıncı ölçümü yapan prototip sistemin blok diyagramı Şekil 1' de gösterilmiştir.

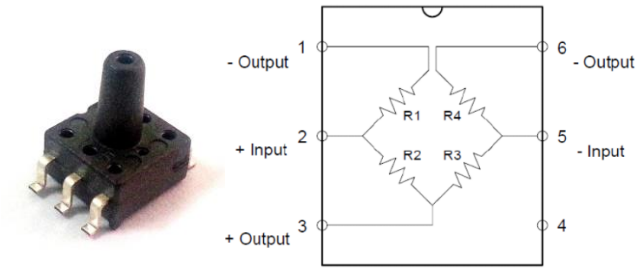


Şekil 1. Kan Basıncı Ölçüm Sistemi Blok Diyagramı

Bu sitemde, maşon içerisindeki hava basıncı bir basınç sensörü yardımı ile algılanarak bozucu etkilerden kurtarılmak amacıyla filtrelenir ve anlamlı seviyeye yükseltilerek arduino uno üzerindeki mikrodenetleyicinin ADC girişine uygulanır. Aynı esnada kol arteri üzerine yerleştirilmiş olan pulse (atım) sensör verisi de arduino ya aktarılır. Dijitale çevrilen basınç sensörü değerleri, referans manometre değerleri ile kıyaslanarak ölçeklendirilir ve maşon hava basıncı kontrollü olarak indilirken elde pulse sensörü verileri değerlendirilir. Son aşama ise her iki sensör değerleri netleştirilerek LCD ekran üzerinde kan basıncı değerleri gösterilir.

1.1.1. Basınç sensörü

Sistemin ne önemli parçası basınç sensörüdür çünkü ölçüm değeri 0-300 mmHg basınç aralığında olmalıdır (Koçak vd., 2007). Çalışmada, Şekil 2'de 6 bacaklı entegre yapısı ve wheatstone bağlantı yapısına sahip iç yapısı gösterilmiş olan MPS20N0040D-D sensörü kullanılmıştır.



Şekil 2. Basınç Sensörü ve İç Yapısı

Sensörün ölçüm aralığı 0-40kpa (0-300mmHg) aralığında olup, 5Vdc ile çalışmakta ve 0-25mV aralığında analog çıkış gerilimi sağlamaktadır (Datasheet4u, 2019).

1.1.2. Filtre ve kuvvetlendirici katı

Sensörden gelen analog veriyi çevresel gürültülerin bozması ve harici elektriksel gürültülerden devreyi arındırmak maksadıyla pasif RC filtresi oluşturularak, sensör yapısına uygun olan fark yükselteç devresi ve kuvvetlendirici devreleri kurulmuştur (Eker ve Kıymık, 2016). Kuvvetlendirici yapısı oluşturmak amacıyla, dört farklı op-amp yapısına sahip LM324N entegresinden yararlanılmıştır (Datasheet4u, 2019).

1.1.3. Pulse (atım) sensör

Maşondaki hava basıncı boşaltılmaya başladığında, kol arterindeki kanın damarlara uyguladığı basınç sırasında meydana gelen korotkoff ses darbelerinin algılanması amacıyla Şekilde 3'te gösterilen pulse sensörü kullanılmıştır. Bu sensör, 3 bacaklı yapıda olup, 3-5Vdc aralığında ve 609nm kızılötesi dalga boyu frekansında çalışmaktadır (Digi-Key, 2019).

Şekil 3. Pulse Sensör

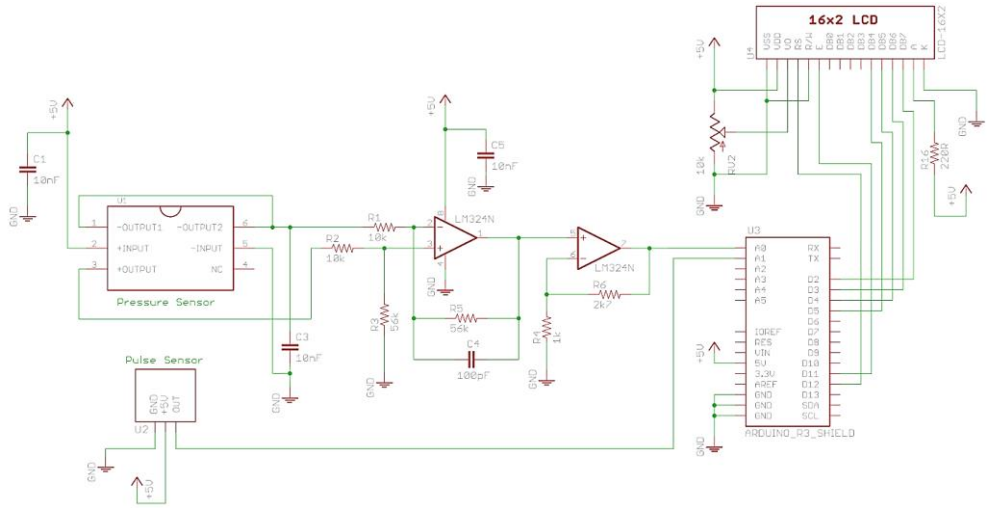
1.2. Arduino uno

Çalışma içerisinde sensörlerden gelen verilerin değerlendirilmesi ve karar verme işleminin yapılması amacıyla atmega 328 mikrodenetleyicisinin bulunduğu Arduino Uno kartı kullanılmıştır. Atmega 328, 16MHz de çalışan 8 bitlik bir mikrodenetleyicidir ve dahili regülatörleri sayesinde 6-20V aralığında besleme değerlerine sahiptir. Ayrıca, dahili 32Kbytes Flash bellek, 1 Kbyte EEPROM ve 1Kbytes SRAM, 6 adet 10 bit çözünürlükte ADC, 6 adet 8 bitlik PWM çıkışları ve seri iletişim portlarına sahip olup, 3.3V ve 5V'luk gerilim çıkışları sağlayabilmektedir (Farnel, 2019).

2. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Oluşturulan sistem manuel pompaya sahip manometre göstergeli bir tansiyon aletinin referans alınmasıyla gerçekleştirilmiştir. Sitemin açık şeması Şekil 4'te verilmiştir.

Sistemin devre şemasında basınç sensörü, pulse sensörü, fitre ve kuvvetlendirici katları, arduino ve 16x2 LCD bağlantı şekilleri görülmektedir. Basınç sensöründen gelen 0-20mV aralığındaki analog değişim, 0-3.5V seviyesine kadar kuvvetlendirilerek Arduino analog girişine (A0) bağlanmıştır. Arduinonun 10 bitlik (2^{10}) analog dijital dönüştürücüsü sayesinde, 0-3.5V aralığındaki analog gerilim değerleri 0-1023 aralığında dijital olarak ölçeklendirilir. Manuel manometre adım adım şişirilerek her kademede elde edilen dijital değerler ile manometrenin göstermiş olduğu basınç değerleri ilişkilendirilerek basınç sensörünün kalibre edilmesi sağlanmıştır. Yani manometredeki 0 değeri dijital değer olarak 0'a karşılık gelmekte ve 0mmHg basıncını ifade etmekte iken, 300mmHg basınç değeri de dijital olarak 1023 ile ifade edilir. Basınç sensörünün hassasiyetine bağlı olarak çok küçük değişimlerde sapmalar gösterebilmesinden dolayı, dijital olarak elde edilen her üç değer aynı basınç değerini karşılayacak şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca, pulse sensör çıkışı da Arduinonun diğer analog girişine (A1) bağlanmıştır. Tansiyon ölçümü sırasında maşondaki hava basıncı azaltılmaya başladığı sırada pulse sensör değerleri sürekli olarak dinlenip kol arterinden ilk kan akışı başladığı sırada oluşan korotkoff darbe sinyallerinin başlancı ile o andaki basınç sensöründen gelen verinin değerlendirilmesini ve LCD ekranın ilk satırına sistolik basıncın yazılmasını sağlar. Devamında pulse sensör değerleri giderek azalıp korotkof seslerinin kesildiği andaki basınç sensörü değeri de ikinci satıra yazdırılarak diyastolik kan basıncı değeri gösterilmektedir. Yapılan denemeler sonucunda tansiyon ölçümünü otomatik olarak yapabilen prototip bir sistem oluşturulması sağlanmıştır.



Şekil 4. Sistemin Devre Şeması

Çalışmanın daha sonraki aşamalarında, manuel olarak şişirilen maşonu kullanılması yerine sisteme otomatik olarak şişirilebilen ve indirilebilen bir özellik eklenmesi sayesinde tam otomatik bir yapı haline dönüştürülmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, sistem üzerine vücut sıcaklığı ölçme kısmı, kayıt ünitesi, kablosuz veya ağ haberleşmesi gibi özellikler de ilerleyen çalışmalarda eklenerek sistem geliştirilebilir ve hatta taşınabilir bir tasarım haline dönüştürülebilir.

KAYNAKÇA

DATASHEET4U(2019). "LM324N", https://datasheet4u.com/share_search.php?sWord=lm324, 28.10.2019.

DIGI-KEY ELECTRONICS (2019). "SEN-11574", https://www.digikey.com/product-detail/en/sparkfun-electronics/SEN-11574/1568-1247-D/5762397?utm_adgroup= Product%20Detail%20Pages&slid=&gclid=EAIaIQobChMI8rPLnO7B5QIVmIbVCh09TwXZEAAYASAAEgKSn_D_BwE, 28.10.2019.

FARNELL (2019). "Arduino Uno R3", https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf, 28.10.2019.

DATASHEET4U(2019)."MPS20N0040D-D", https://datasheet4u.com /share_search.php? sWord=MPS20N0040D-D, 28.10.2019.

EKER, K. KIYMIK M. K. (2016). "Ev Takibi İçin Fonksiyonel Bir Medikal Cihaz Tasarımı", Tıp Teknolojileri Kongresi-TIPTEKNO'16, 27-29 Ekim 2016, Antalya.

BARRETT, K. E., BARMAN S. M., BOITANO, S., BROOKS, H. L., (2012). "Ganong's Review of Medical Physiology, 24th Edition", McGraw-Hill Education, New York.

FİLİZ T. M. (2010). "Kan Basıncı Ölçümü", The Journal of Turkish Family Physician, 1997 1(1):16-19.

KOCAK, O., ÇORUH, B., SUNAY, A. S., KOÇUM, İ. C. (2007). "Biyomedikal Amaçlı Basınç Ölçüm Cihazı Tasarımı", 12. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı-BİYOMUT, İstanbul.

ALTUNKAYA, S. VE EZGİNCİ, Y. (2003). "Mikrodenetleyici Temelli Kan Basıncı Ölçme ve Kayıt Sistemi", Elektrik-Elektronik Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi, 18-21 Eylül 2003, İstanbul.

BEEVERS, G., LIP G. Y. (2001). "Blood pressure measurement: Part II—Conventional sphygmomanometry: Technique of auscultatory blood pressure measurement", BMJ, 2001 322(7293), 1043-1047.

RÜZGAR GÜCÜ TAHMİNİNE YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ İLE BİR YAKLAŞIM

Arş. Gör. Tuba Nur SERTTAŞ
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Arş. Gör. Fatih SERTTAŞ
Afyon Kocatepe Üniversitesi

ÖZET: Rüzgar enerjisi, tüm dünyada yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji sistemlerinden birisidir. Yüksek yatırım maliyeti gerektiren rüzgar santrallerinin üretimlerinin doğru planlanması oldukça büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada bir senelik ölçülmüş rüzgar hızı verileri kullanılarak, ele alınan farklı tipteki rüzgar türbinleri için rüzgar gücü tahmini yapılmıştır. Rüzgar hızı verileri, 90 m yükseklikte ölçülmüş ve 12 ay süre ile 10 dakikalık aralıklarla kaydedilmiştir. Çalışmada Gamesa G97, Suzlon S.88, Siemens SWT2.3, Nordex N100, Enercon E82, Vestas V117 olmak üzere altı farklı rüzgar türbini kullanılmıştır. Üreticilerin fizibilite yapabilmelerini sağlayacak bu tahminler yapay sinir ağları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapay sinir ağı olarak doğrusal olmayan problem durumlarında başarılı sonuçlar üretebilen, yakınsama hızı yüksek olan ileri beslemeli geri yayılım ağı tercih edilmiştir. Yapay sinir ağları kullanılarak oluşturulan model ile oniki ayın rüzgar hızları sırasıyla tahmin edilmiştir. Oluşturulan yapay sinir ağı modeline ait performans incelemesinde regresyon değerleri 1'e yakın olarak elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, Siemens Swt-2.3 MW türbini, çalışılan bölge için en uygun türbin olarak belirlenmiş ve bu türbini sırasıyla Gamesa G97-2 MW, Nordex 100-2.5MW, Enercon 82-3 MW Vestas 117-3.3 MW, Suzlon 88-2.1 MW türbinlerinin takip ettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar Enerjisi, Yapay Sinir Ağları, Modelleme

An Approach to Wind Power Estimation With Artificial Neural Networks

ABSTRACT: Wind energy is one of the most widely used renewable energy systems in the world. Accurate planning of production of wind farms requiring high investment cost is of great importance. In this study, wind power estimation is made for different types of wind turbines discussed by using one year measured wind speed data. Wind speed data are measured at a height of 90 m and recorded at 10 minute intervals for 12 months. Six different wind turbines are used in the study: Gamesa G97, Suzlon S.88, Siemens SWT2.3,

Nordex N100, Enercon E82 and Vestas V117. These estimations which will enable the producers to make feasibility have been realized by using artificial neural networks. As an artificial neural network, feed forward back propagation network with high convergence rate, which can produce successful results in nonlinear problem situations, is preferred. With the model created using artificial neural networks, wind speeds of twelve months are estimated respectively. In the performance analysis of the artificial neural network model, the regression values are obtained close to 1. As a result of this study, Siemens Swt-2.3 MW turbine is determined as the most suitable turbine for the region and it is determined as Gamesa G97-2 MW, Nordex 100-2.5MW, Enercon 82-3 MW Vestas 117-3.3 MW, Suzlon 88-2.1 MW turbines.

Keywords: Wind Energy, Artificial Neural Network, Modelling

1. GİRİŞ

Rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yaygın olarak kullanılan enerji türlerinden birisidir. Rüzgar hızı ölçümleri, rüzgar enerjisi analizi ve rüzgâr hızı haritaları rüzgar enerjisi üretimi ve kullanımı için son derece önemlidir. Rüzgar gücü eğrileri, rüzgâr enerjisi tahmininde, rüzgar türbini durumunun izlenmesi, rüzgâr enerjisi potansiyelinin tahmininde ve rüzgâr türbini seçiminde önemli rol oynamaktadır (Wang, Hu, Li, Foley ve Srinivasan, 2019). Türkiye'de yapılan bir çalışmada, Burdur ilinin rüzgâr enerjisi potansiyelini analiz etmek için Burdur'da bulunan dört istasyondan 2009 ve 2016 yılları arasında rüzgâr hızı değerleri alınmıştır (Kılıç, 2019).

Burdur ilindeki istasyonlardan elde edilen veriler Yapay Sinir Ağı (YSA) metodolojisi kullanılarak incelenmiş ve 2030'un sonuna kadar tahmin edilen rüzgâr hızı değerleri belirlenmiştir. Farklı bir çalışmada, aylık enerji tahminlerinin doğruluğunu artırmak, rüzgar santrallerinin finansal uygulanabilirliğini ölçmede önemli bir etkiye sahiptir (Nielson, Bhaganagar, Meka ve Alaeddini, 2019). Atmosferik stabilite ve hava yoğunluğunun rüzgar türbininin güç tahminlerinde önemli bir etkisi olduğu varsayılarak yine Yapay Sinir Ağları (YSA) makine öğrenme yaklaşımıyla, rüzgar türbini tarafından üretilen gücü tahmin etmek için çok parametreli girdi modelleri üretilmiştir.

Diğer bir çalışma, bir kıyı bölgesi ve karmaşık arazi özelliklerine sahip bir bölgede anemometrik kulelerde (50 m yükseklikte) ortalama saatlik rüzgar hızını tahmin etmeyi amaçlamaktadır (Ferreira, Santos ve Lucio, 2019). Bu amaçla, Holt-Winters (HW), Yapay Sinir Ağları (YSA) ve hibrit zaman serisi modelleri kullanılmıştır. Gözlemsel veriler Araştırmalar ve Uygulamalar - Versiyon 2 (Research and Applications-Version 2, MERRA-2) yeniden analizinin, kulelerin aynı yüksekliğindeki

Modern Dönem Retrospektif analizi ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, hibrit modelin, MERRA-2 ile yapılan değerlendirmelere kıyasla, diğerlerine göre daha iyi bir performansa sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, hibrit modeller rüzgar üretimi için rüzgar hızı verilerini tahmin etmek için iyi bir yöntem olarak kabul edilebilmektedir.

Yapay sinir ağları içeren bir diğer çalışmada, bir sonraki saatte oluşacak rüzgar enerjisi için üç aşamadan oluşan yeni bir tahmin modeli önerilmiştir (Çevik, Çunkaş ve Polat, 2019). İlk aşamada, geçmiş veriler kullanılarak rüzgâr hızı, rüzgar yönü ve rüzgar gücü tahmin edilmiştir. Yapay Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS), Yapay Sinir Ağı (YSA) ve Destek Vektör Regresyonu (SVR) tahmin yöntemleri olarak seçilirken, Ampirik Mod Ayrıştırma (EMD) ve Sabit Dalgacık Ayrıştırma (SWD) yöntemleri de işleme yöntemleri olarak tercih edilmiştir. Diğer iki aşama, birinci aşama sonunda elde edilen rüzgâr enerjisi tahmin değerini iyileştirmek için kullanılmıştır. İkinci aşamada, ilk aşamada bulunan tahmin değerleri aynı tahmin yöntemlerine uygulanmış ve rüzgâr enerjisi tahmin değeri güncellenmiştir. Üçüncü aşamada, bir düzeltme işlemi uygulanmış ve nihai tahmin değeri elde edilmiştir. Dört yıllık veriler eğitim verileri olarak seçilirken, iki yıllık veriler test edilmiştir. SWD-ANFIS birinci aşamada en iyi sonuçları verirken, yapay sinir ağları ikinci aşamada en iyi sonucu vermiştir. Son olarak, topluluğun sonucu, üç yöntemin sonuçlarının ağırlıklı ortalaması alınarak tespit edilmiştir. Her aşamada bulunan Ortalama Mutlak Hata (MAE) değerleri, sırasıyla 0.333, 0.294 ve 0.278 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatür çalışmaları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, önerilen çok aşamalı tahmin modelinin rüzgâr enerjisi tahminini verimli bir şekilde yapabildiğini ve gerçek verilere çok yakın değerler üretebildiğini göstermektedir.

Orta-kısa vadeli rüzgar hızı ölçümlerinden iki rüzgar hızı tahmin şemasının özelliklerini incelendiği bir çalışmada (Akçay ve Filik, 2019) ölçümlerin, zaman zaman yazarlar tarafından önceden incelenenlerden daha kısa sürelerde toplandığı varsayılmıştır. İki uygulama örneği, bu şemaların özelliklerini göstermektedir. İlk örnekte, beş meteoroloji istasyonundan kaynaklanan tarihsel veriler ele alınmıştır. Bu örnek, ilk şemanın, düşünülen tüm adım boyutları için kalıcılık ve yapay sinir ağı (YSA) tahminlerini daha yüksek bir marjla geride bıraktığını göstermektedir.

Literatürde pek çok güncel çalışmada, yapay sinir ağları ile rüzgar hızı ve rüzgar enerjisi tahmini gerçekleştirilmektedir (Charrouf, Betka, Abdeddaim ve Ghamri, 2019; Liu ve Chen, 2019; Navas, Prakash ve Sasipraba, 2019; Ti, Deng ve Yang, 2020). Bu çalışmada ise rüzgar verileriyle, en yaygın kullanılan 6 farklı rüzgar türbini için üretilecek olan enerji, ileri beslemeli geri yayılımlı yapay sinir ağlarıyla tahmin edilmektedir. Rüzgar hızı verisi olarak Aydın ili Çine ilçesine ait veriler kullanılmıştır.

2. MATERYAL ve METHOD

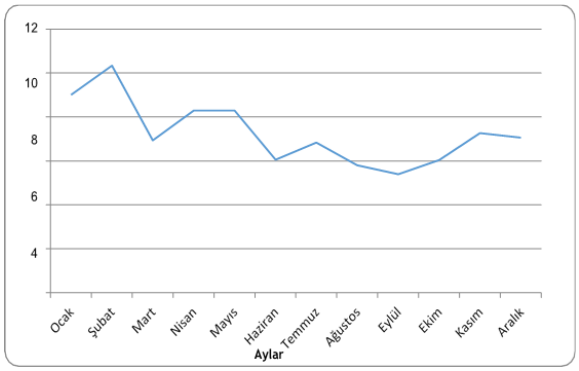
Bir bölgenin rüzgar potansiyeli, o bölgede kurulan rüzgar ölçüm istasyonunda kaydedilen veriler dikkate alınarak belirlenmektedir. Bu verilerin en az bir yıl kesintisiz olarak kaydedilmesi gerekmektedir. Rüzgar hızı verilerinin doğruluğu, seçilecek türbin gücünü ve üretilecek enerji miktarını doğrudan etkilemektedir.

Çalışmada incelenecek bölge olarak Aydın ilinin Çine ilçesinin Turguttepe mevkisi seçilmiştir. Kullanılan rüzgar hızı verileri 2015 yılına ait olup DMİ ve bölgede kurulu olan 71 adet rüzgar ölçüm direklerinden elde edilmiştir. 90 m yükseklikte yer alan rüzgar türbinlerinden ölçülen veriler 12 ay süre ile 10 dakikalık ortalama hız aralıklarında kaydedilmiş ve günlük ortalama rüzgar hızı verileri oluşturulmuştur. Turgutttepe mevkiine ait günlük rüzgar hızı verileri Tablo 1'de verilmiştir. Verilerin dağılım eğrisi ise Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Aylara göre günlük ortalama rüzgar hızı verileri(m/s)

Günler	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	8	17.7	3.7	7.6	4.3	5.1	5.2	4.3	3.6	6.7	5.9	7.4
2	6.7	16.7	3.9	5.5	6	5.4	10	4.5	4.6	3.9	7.9	7.8
3	6.4	10.2	5.7	4.7	4.4	4.9	13.1	4.4	3.6	2.6	4.9	14.8
4	6.5	8.4	9.5	7.7	9.8	4.9	8.3	4.9	5.6	4.5	2.9	12.8
5	9.6	6.3	6.6	4.9	6.9	8.1	5.3	3.7	4.7	3	2.5	5
6	13.4	10.9	8.2	10.7	7.7	5.3	8.1	6.3	7.5	4.8	2.7	7.1
7	13.5	4.8	8.8	8.7	4.5	3.6	5.9	3.7	5.1	7	3.5	6.6
8	21.1	7.4	5.7	6.2	5.4	4	4.4	2.8	4.8	3.4	8	3.8
9	16.4	5.3	5.2	13.1	6.8	4	4.3	3	7.2	4.5	14.6	3.7
10	5.7	13.6	3.8	20.9	6.5	4.2	4.4	3.2	2.9	5.3	7.4	2.8
11	7.7	18.2	3	19.4	7	6.3	10.5	3.2	4.6	8.2	9.4	3
12	15.1	11.8	5.1	11.4	5.6	8.1	10.1	4.7	6.4	10.1	7.2	6.4
13	9	9.9	6.9	11.3	7	7.1	10	5.2	9.1	4.8	5.8	11.6

14	3.7	3	6.1	5.5	5.7	9.4	5.2	3.6	4.7	4.8	3.9	7.2
15	3.7	3.5	7.3	5.4	6.2	10.5	10.4	5.4	4.8	3.3	2.9	3.5
16	8.9	7.4	16.2	5.1	4.9	5.8	9.9	3	5.9	3.4	8.5	3.8
17	3.5	11.3	12.3	7.3	3.8	5.6	10.3	4	7.8	2.7	11.6	6.5
18	4.1	16.2	4.2	10.5	5	6.3	8.7	5.3	4.7	6.1	6.5	2.2
19	8	16.5	6.9	8.8	6.7	4.8	5.8	5	4.6	4.6	6.5	3.6
20	6.5	18	5.5	3	7.3	4.8	5.2	4.2	5	6.5	6.7	4.6
21	6.2	12.4	11.6	8.2	3.9	4.4	7.1	6.1	6.3	7	11.9	6.6
22	3.8	7.8	7	12.1	5.1	4.8	6.7	5.5	5.6	8.1	13	7
23	8.2	12.7	5.3	11.1	5.4	4.6	5.1	9	8.7	10	6.1	11.7
24	12.2	6.6	3.5	4.6	7.6	7.9	4.3	10	7	9.5	2.1	7.9
25	9.6	8.9	5.3	5.4	7.9	9.3	3.4	10.3	2.5	6.8	19	3.1
26	6.8	7.7	6.2	4	5.7	7.1	4.5	7.7	3.3	8.8	13.6	10.5
27	7.5	8.4	10.6	3.3	4.6	5.7	6.2	5.5	3.8	11.2	10.9	2.8
28	5.7	8	8.9	10.4	3.2	9.9	4.3	8.8	2.9	12.2	15.3	2.4
29	8.9		6.8	6.9	4.8	5.5	4.6	12	4.7	4.9	3.5	5
30	12.1		6.7	5	8.4	4.2	5.3	13	9.8	3.1	9.4	16.9
31	20.7		8.4		4.6		5.2	7.5		5.5		20.8

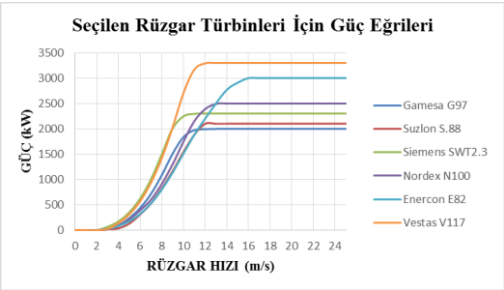


Şekil 1. 2015 yılı Aylara Göre Ortalama Rüzgar Hızı Grafiği

Bölgede hâkim rüzgar yönü Doğu, mevsimsel değişimlere bağlı olarak ikincil derece hakim rüzgar yönü ise Batı-Kuzeybatıdır. Rüzgarın estiği yönünün bilinmesi türbinlerin yerleştirilmesi açısından önem arz etmektedir. Böylece birden fazla türbine sahip olan bir tesiste türbinlerin birbirini rüzgar yönünden gölgelemeleri engellenebilmektedir. Rüzgarın çoğu zaman aynı yönden esmesi ise elde edilen enerjiyi artırır. Şekil 1' de görüldüğü gibi 90 m yükseklik için Ocak ve Şubat ayları rüzgarın en şiddetli estiği aylardır. Bu aylarda rüzgar ortalaması 9-10 m/s hızdadır. Buna karşılık, rüzgarın en yavaş estiği aylar ise Ağustos ve Eylül aylarıdır. Bu aylarda ise rüzgar ortalama 5 m/s hızla esmiştir.

Çalışmada Gamesa G97, Suzlon S.88, Siemens SWT2.3, Nordex N100, Enercon E82, Vestas V117 olmak üzere en yaygın olarak kullanılan 6 farklı rüzgar türbini için enerji üretim tahmini yapılmıştır (Kaya Ü. vd., 2016). Nominal güçleri farklı olan bu türbinler aynı kule yüksekliklerine sahiptir.

Kullanılan türbinlerin 0-25 m/s arası rüzgar hızına göre ürettiği güç eğrileri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Seçilen Rüzgar Türbinleri İçin Güç Eğrileri

2.1. Verilerin Normalizasyonu

Rüzgar hızı veri değerleri arasındaki farklılıkları sınırlı bir aralığa çekmek amacıyla normalizayon işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece her işlem elemanı kendisine verilen yerel veriye göre kendisini ayarlayarak bütün YSA'nın enformasyon bölgesini öğrenmesi sağlanmış olacaktır. Normalize edilen veri seti ile bir ağı eğitmek, hem ağın eğitim süresini kısaltacak hemde ağın verimini artıracaktır. Literatürde yer alan Min-Max kuralı, Medyan, Sigmoid ve Z-Score gibi veri normalizasyon yöntemleri arasından Min-Max kuralı yöntemi tercih edilerek veriler [0,1] arasında ölçeklendirilmiştir.

2.2. YSA ile Modelleme

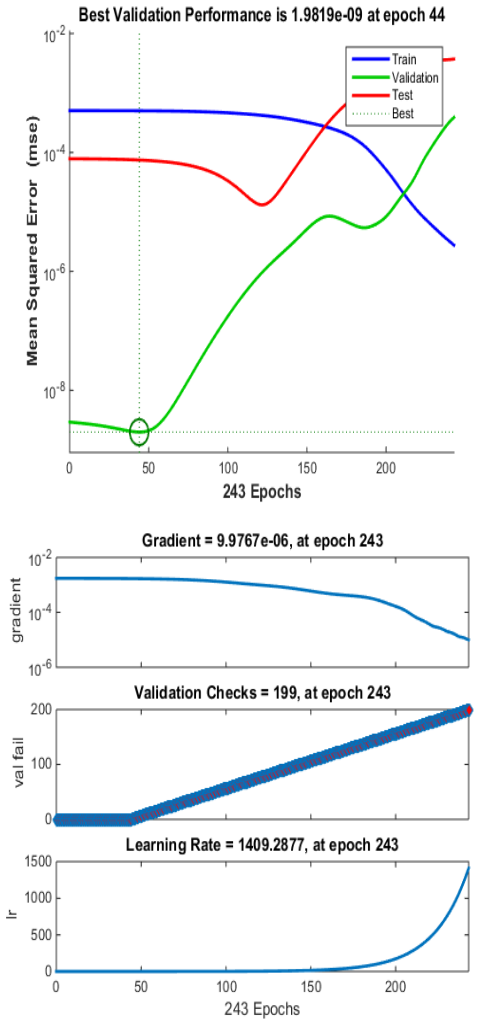
Yapay sinir ağları ile modelleme yapılırken Matla nntool arayüzü kullanılmıştır. Rüzgar enerjisi üretim tahmini yapmak için, YSA'da en çok kullanılan yöntemlerinden birisi olan ileri beslemeli geri yayılım (feed-forward backrop) algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma hem doğrusal hem doğrusal olmayan modeelerin tahmininde başarılı sonuçlar sunmaktadır. Ayrıca yakınsama hızı ve kullanım kolaylığı bu algoritmanın sağladığı diğer avantajlardır. Oluşturulan modele ait parametreler Tablo 2' de verilmiştir.

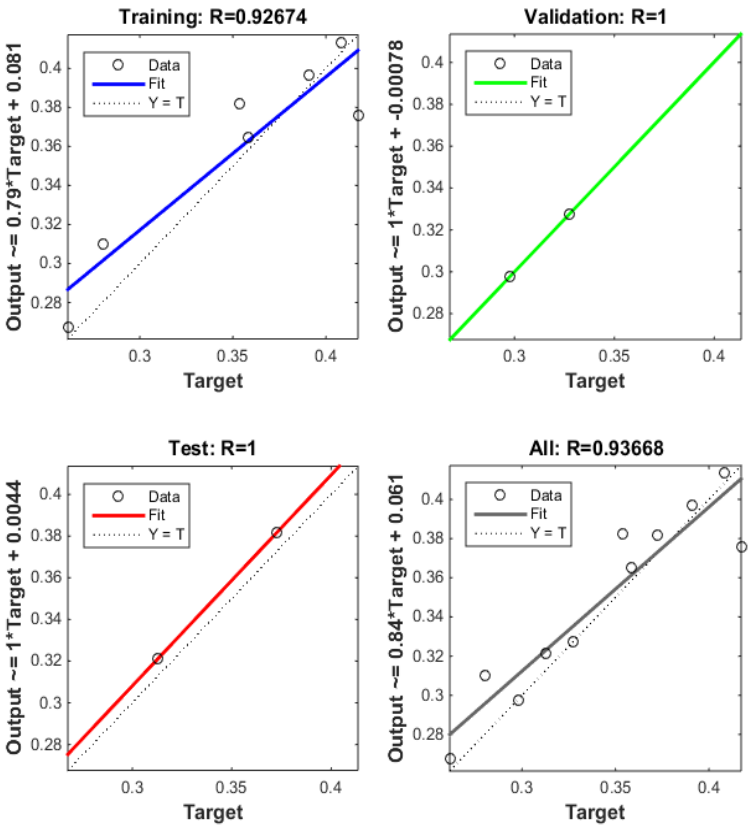
Tablo 2. Yapay sinir ağı model parametreleri

Parametreler	**Değerler**
Ağ Tipi	Feed Forward Backprop
Eğitim Fonksiyonu:	Traingdx
Öğrenme Fonksiyonu	Learngdm
Aktivasyon Fonksiyonu	Tansig
Performans Fonksiyonu	MSE
Momentum Katsayısı	0,9
Öğrenme Katsayısı	0,01

2.3. Modelin Eğitimi ve Testi

Rüzgar hız verilerinden 11 aya ait olan veriler mdelin eğitimi için eğitim veri setini oluştururken 1 aylık veri test veri setini oluşturmaktadır. Böylece yapılan 12 test işlevi ile her aya ait rüzgar hızı tahmini yapılmıştır. Tahmin sonucunda oluşan performans eğrilerine örnek olarak Ekim ayı değerlendirme sonuçları Şekil 3' te verilmiştir.





Şekil 3. Ekim ayı rüzgar hızı tahmin sonuç eğrileri

3. DENEY SONUÇLARI

Tahmin sonuçlarına göre seçilen bölgenin rüzgar potansiyelinin oldukça iyi olduğu ve kaliteli türbinlerle yüksek kapasiteli enerji üretiminin sağlanabileceği görülmüştür. YSA ile modeli tahmin edilen ve gerçekleşen üretim değerlerinin birbirine çok yakın değerler olduğu görülmektedir. Aşağıda ki tabloda ortalama tahmini güç değerleri incelendiğinde türbin tipi verimi incelendiğinde Siemens Swt-2.3 MW türbinin olduğu ve bu türbini sırasıyla Suzlon 88-2.1 MW, Nordex 100-2.5MW, Gamesa G97-2 MW, Enercon 82-3 MW Vestas 117-3.3 MW türbinlerinin takip ettiği görülmektedir. Turguttepe mevkiine ait rüzgar verileri ile 6 adet türbin için elde edilen çıkış gücü değerleri Tablo 3' te verilmiştir.

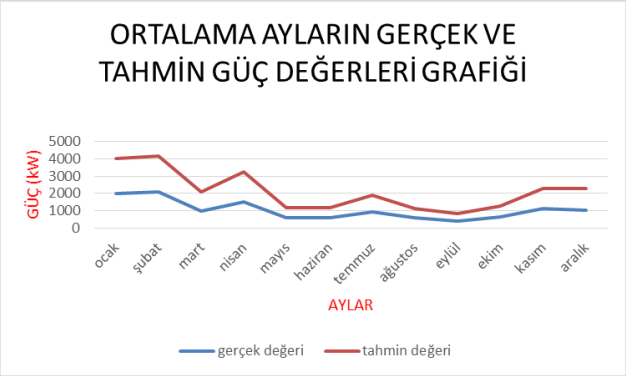
Tablo 3. Aylara göre ortalama tahmini güç değerleri(kW)

	Gamesa	Suzlon	Siemens	Nordex	Enercon	Vestas
Ocak	1550,69058	1209,458597	2036,36716	1356,918621	1183,807826	2115,24455
Şubat	1608,48255	1276,412715	2078,83017	1435,325416	1249,880968	2234,704791
Mart	790,236782	585,78338	1103,99245	663,4921964	581,6624729	1035,519907
Nisan	1271,35935	970,240986	1721,47771	1083,009593	948,0315598	1687,666234
Mayıs	417,778297	291,9806606	595,870883	373,0807681	306,2842062	544,1722802
Haziran	408,252881	283,4926666	583,091737	364,6399296	299,3523444	532,0061555
Temmuz	670,453965	491,07827	942,20309	566,1826984	492,8138004	878,2541712
Ağustos	398,023256	274,3771589	569,367834	355,5750636	291,9080131	518,9405944
Eylül	293,576547	181,3058341	429,243784	263,0208017	215,8997645	385,5383622
Ekim	434,831771	307,1768254	618,749554	388,1925097	318,6944074	565,9534497
Kasım	822,173477	611,2464208	1146,71857	690,5089143	605,3992058	1077,210242
Aralık	900,864305	673,9864053	1251,99414	757,0771012	663,8856321	1179,933674

YSA modelini uygulamasında en verimli rüzgar türbini olarak tespit edilen Siemens-SWT türbinine ait rüzgar gücü değerleri Tablo 4' te verilmiştir. Sonuçlar Şekil 4'te grafiksel olarak verilmiştir.

Tablo 4. Siemens-SWT rüzgar türbini performans değerleri

AYLAR	Siemens-SWT Rüzgar Türbi-ninin Gerçek Güç Değerleri	Siemens-SWT Rüzgar Türbini-nin Tahmini Güç Değerleri
OCAK	2006,555	2036,36716
ŞUBAT	2087,406	2078,83017
MART	976,3258	1103,99245
NİSAN	1508,471	1721,47771
MAYIS	594,1516	595,870883
HAZİRAN	584,5355	583,091737
TEMMUZ	938,4258	942,20309
AĞUSTOS	568,8	569,367834
EYLÜL	411,4452	429,243784
EKİM	638,8935	618,749554
KASIM	1131,339	1146,71857
ARALIK	1032,339	1251,99414
TOPLAM (Kw)	12478,69	13077,9071
HATA ORANI (%)	$\frac{\lvert 12478{,}69 - 13077{,}9071 \rvert}{13077{,}9071} * 100 = \%\,\mathbf{4{,}582}$	



Şekil 4. Gerçek ve Tahmini Rüzgar Gücü Değerleri (Siemens-SWT)

4. TARTIŞMA

Gerçekleşen üretim değerleri ile YSA tahmin değerlerinin performansları karşılaştırıldığında üretim gücü değerler arasındaki farkın değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Üretim değerleri arasındaki hata payının küçük olması oluşturulan YSA modelinin başarılı olduğunu göstermektedir. Fakat bazı günlerde tahmini değerler ile gerçekleşen değerler arasında büyük bir fark olduğu görülmektedir. Bu farkın oluşmasında santraldeki işletme koşulları (arıza, bakım), üretim ihtiyacı gibi sebepler önemli rol oynamaktadır

KAYNAKÇA

AKÇAY, H. VE FİLİK, T. (2019). Wind speed forecasting by subspace and nuclear norm optimization based algorithms. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 35, 139–147. doi:10.1016/j.seta.2019.07.003

CHARROUF, O., BETKA, A., ABDEDDAİM, S. VE GHAMRİ, A. (2019). Artificial Neural Network power manager for hybrid PV-wind desalination system. Mathematics and Computers in Simulation. doi:10.1016/j.matcom.2019.09.005

ÇEVİK, H. H., ÇUNKAŞ, M. VE POLAT, K. (2019). A new multistage short-term wind power forecast model using decomposition and artificial intelligence methods. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 534, 122177. doi:10.1016/j.physa.2019.122177

FERREİRA, M., SANTOS, A. VE LUCİO, P. (2019). Short-term forecast of wind speed through mathematical models. Energy Reports, 5, 1172–1184. doi:10.1016/j.egyr.2019.05.007

KAYA, Ü., CANER M. VE OĞUZ Y., (2016). Rüzgar Türbin Modelleri Kullanarak Kastamonu İli Rüzgar İle Elektrik Üretim Potansiyeli Tahmini, Technological Applied Sciences (NWSATAS), 2A0094, 11(3):pp.65-74, 2016

KILIÇ, B. (2019). Determination of wind dissipation maps and wind energy potential in Burdur province of Turkey using geographic information system (GIS). Sustainable Energy Technologies and Assessments, 36. doi:10.1016/j.seta.2019.100555

LİU, H. VE CHEN, C. (2019, 1 Eylül). Data processing strategies in wind energy forecasting models and applications: A comprehensive review. Applied Energy. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.apenergy.2019.04.188

NAVAS, R. K. B., PRAKASH, S. VE SASİPRABA, T. (2019). Artificial Neural Network based computing model for wind speed prediction: A case study of Coimbatore, Tamil Nadu, India. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. doi:10.1016/j.physa.2019.123383

NİELSON, J., BHAGANAGAR, K., MEKA, R. VE ALAEDDİNİ, A. (2019). Using atmospheric inputs for Artificial Neural Networks to improve wind turbine power prediction. Energy, 116273. doi:10.1016/j.energy.2019.116273

Tİ, Z., DENG, X. W. VE YANG, H. (2020). Wake modeling of wind turbines using machine learning. Applied Energy, 257. doi:10.1016/j.apenergy.2019.114025

WANG, Y., HU, Q., Lİ, L., FOLEY, A. M. VE SRİNİVASAN, D. (2019, 1 Aralık). Approaches to wind power curve modeling: A review and discussion. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.rser.2019.109422

DEPREM SONRASI ACİL SAĞLIK HİZMETLERİNİN YÖNETİMİ VE GÜNCEL UYGULAMALAR

Doç.Dr. Ahmet ÇELEBİ
Sakarya Üniversitesi

Y.L. Öğrencisi Murat Can DURUEL
Sakarya Üniversitesi

ÖZET: Sağlık hizmetleri ve acil müdahale, insan hayatı için en önemli konulardandır. Afet sonrasında ise bu durum, diğer birçok etkenin yanında özel ihtisas gerektiren bir mevzudur. Deprem, dünyada ve özellikle ülkemizde en çok kendini hissettiren afetlerden olup sonrasında acil müdahalelerin en mükemmel şekilde yönetilmesini gerektirmektedir. Ülkemiz deprem boyutu açısından çok kritik alanlara sahiptir. Acil sağlık hizmetleri yönetimsel olarak sürekli gelişmekte ve daha da gelişime ihtiyaç duymaktadır. Bu çalışmanın amacı deprem sonrası mevcut yönetimsel uygulamaları ortaya koyarak katkıda bulunmaktır. Bu yönde gelişmiş insan kaynakları, ilgili kurumların koordinasyonu, ulusal düzeyde iş bölümünün netleştirilmesi, programların güncel tutulması ve tatbikatlarının eksiksiz uygulanması ülkemiz için en iyi yönetim modeli olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Acil Müdahale, Sağlık, Afet, Yönetim

Management of Emergency Health Services After Earthquake and Current Applications

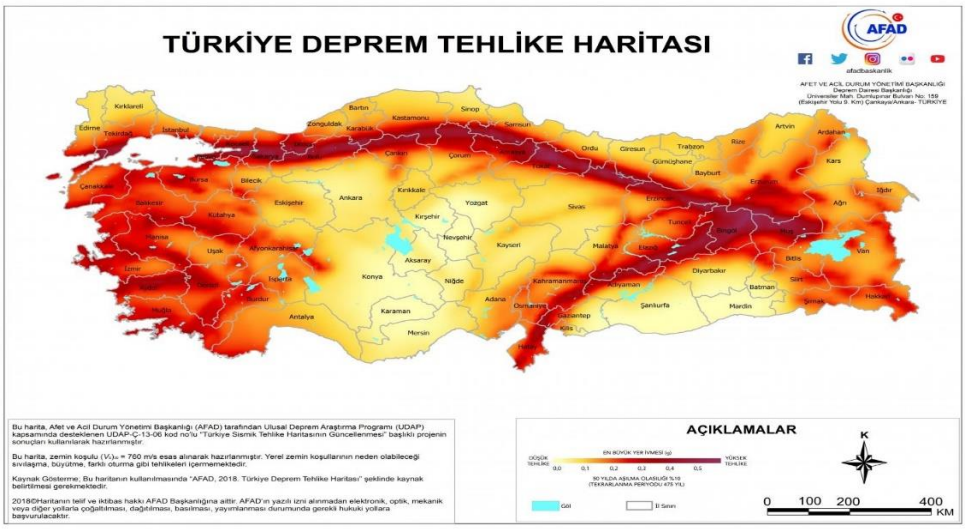
ABSTRACT: Health care and emergency response are the most important issues for human life. In the aftermath of the disaster, this is a subject that requires specialization among many other factors. The earthquake is one of the most influential disasters in the world and especially in our country and requires the most perfect management of emergeny responces. Our country has very critical areas in terms of eartquake. Emergency health services are continuously improving and need further development. The aim of the study is to contribute by introducing the present managerial practices after earthquake. Developed human resources in this direction, coordination of relevant institutions, clarification of the division of labor at the national level, keeping programs up to date and apply the exercises will be the best management model for our country.

Key words: Earthquake, Emergency Response, Health, Disaster, Management

1. GİRİŞ

1.1 Ülkemizde Depremin Boyutu

Depremler herhangi bir yer ve zamanda oluşabilmelerine rağmen, yoğun olarak görüldüğü yerler üç ana kuşağı oluşturmaktadır. Bunlar Pasifik Deprem Kuşağı, Alp-Himalaya Deprem Kuşağı ve Atlantik Deprem Kuşağıdır (Kandilli, 2019). Türkiye, bunların en etkinlerden birisi olan Alp-Himalaya Deprem Kuşağının üzerinde yer alır. Bu kuşak üzerinde ve tektonik levhaların kesiştiği bölgede yer almamız sebebiyle, geçmiş yıllara ait bilgilere dayanarak söylenebilir ki; ülkemizde ortalama beş yılda bir geniş çapta can ve mal kaybına sebep olan büyük bir deprem meydana gelmektedir (AFAD, 2018).



Şekil 1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası

Güncel deprem kaynak paramatreleri, deprem katalogları ve matematiksel modeller kullanılarak daha ayrıntılı veriyle 2018 yılında yeni Türkiye Deprem Tehlike Haritası yayınlanmıştır. Deprem bölgesi kavramı ortadan kaldırılmış ve Şekil 1.de görüldüğü gibi, yeni harita en büyük yer ivmesi değerleriyle hazırlanmıştır (AFAD, 2018). Bahsi geçen durumlar ve deprem tehlike haritasındaki yoğunluktan anlaşılacağı üzere, ülkemizde afet yönetimi konusunda önceliğin depremlere verilmesi gerektiği aşikârdır.

1.2 Acil Sağlık Hizmetlerinin Kritik Önemi

Sosyal devletin temel görevlerinden birisi de vatandaşların sağlığının güvence altına alınmasıdır. Günümüzde acil tıbbi hastalıkların, şiddet içeren olayların ve afetlerin sık sık meydana geldiği düşünüldüğünde; acil sağlık hizmetleri, hasta ve yaralıların yaşama şansının artırılmasında ve ölümlerin önüne geçilmesinde çok önemli bir yere sahiptir (Toker ve Küçükyılmaz, 2001).

İnsanlar sosyal ve ekonomik durumları ne olursa olsun acil durumlar ile karşılaştıklarında en iyi şekilde acil sağlık hizmeti almaya gereksinim duyarlar. İhtiyaç duyan herkese anında sağlık hizmeti götürebilmenin yolu, merkezi bir organizasyon kurmaktan geçmektedir. Hizmetin tek elden sunulması sayesinde minimum maliyet ve maksimum kazanım sağlanmış olacaktır (Toker ve Küçükyılmaz, 2001). Bu organizasyon sayesinde bir afet durumunda, afetzedelerin can güvenliğini sağlamak, ardından da beslenme ve barınma gibi temel ihtiyaçlarını karşılamak daha mümkün olacaktır. Yapılacak müdahalelerin programlı, sürdürülebilir ve toplum kaynaklarını güçlendiren uygulamalar olması temel amaçlardandır (Işık vd., 2012).

1.3 Çalışmanın Amacı

Afetler özellikle de depremler, sonrasında acil sağlık hizmetlerinin kritik önemde olduğu, ihtisas isteyen ve çok iyi yönetilmesi gereken süreçlerdir. Bu nedenle yönetimsel olarak üzerinde daha çok çalışılması gereken konulardır. Bu çalışmanın amacı, deprem gerçekleştikten sonra devreye alınan acil sağlık hizmetlerinin önemini vurgulamak, yönetim anlayışını gözden geçirmek, dünyadaki ve ülkemizdeki uygulamaları örnekleriyle ortaya koymaktır.

2. SAĞLIK YÖNETİMİ VE DEPREM

2.1 Deprem Sonrası Sağlık Hizmetlerinin Çeşitleri

Bugüne kadar edinilmiş tecrübeler göstermektedir ki, acil sağlık hizmetleri afetten sonraki özellikle birkaç gün için gereklidir. Dolayısıyla bu süre zarfında kurtarma ve ilkyardım uygulamalarına ağırlık verilmektedir. Bu sürecin tamamlanmasının ardından geriye hijyenik koşulları sıkıntıda olan ve koruyucu sağlık hizmetleri kesintiye uğrayan bir toplumun ihtiyaçlarını karşılamak kalmaktadır. Bunun için düzenlenecek sağlık hizmetlerinde, afete neden olan olayın türüne göre bazı hizmetler ön plana çıkar ve önem kazanır ancak genel olarak, üzerinde durulması gereken başlıca hizmetler şu başlıklar altında toplanabilir (SB, 2001):

- Geçici Yerleşimler,
- Su Sağlığı,
- Gıda Sağlığı,
- İnsan Dışkı ve İdrarının Zararsızlaştırılması,
- Evsel Atıkların Zararsızlaştırılması,
- Kalabalık Faktörü ve Konut Sağlığı,
- Vektörler ve Diğer Hayvanların Kontrolü,
- Özel Kirliliklerin Kontrolü,
- Enkaz ve Molozların Uzaklaştırılması,
- Karantina ve Aşı Uygulamaları.

2.2 Ülkemizdeki Yönetim Anlayışı

Afet yönetimi; afetlerin önlenmesi, zarar azaltımı, olayların afete dönüşmeden gerekli müdahalenin yapılabilmesi ve etkilenen toplum için daha güvenli ve iyileştirilmiş bir yaşam sağlamak adına yapılması gereken topyekün mücadele olarak tanımlanabilir (AFAD, 2014a). Özellikle 1999 yılında gerçekleşen depremlerden sonra afet yönetimine gereken önemin verilmesi ve tek bir merkezden yönetimi için 2009 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurulmuştur (AFAD, 2019). Ülkemizde Afet Yönetimi konusunda yetkin belge ve planlar ise; Türkiye Afet Yönetimi Strateji Belgesi, Türkiye Afet Risk Azaltma Planı, Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) ve Türkiye Afet İyileştirme Planı' dır. Bu belge ve planlardan yürürlüğe girmiş olan TAMP' a göre bir afet gerçekleştiğinde, afetin türüne ve belirlenecek olan müdahale seviyesine göre görev alacak hizmet grupları değişmektedir. Bunun için Şekil 2. de gösterilen dört servise bağlı olarak 28 hizmet grubu oluşturulmuş, hangi olay türünde hangi hizmet gruplarının yer alacağı da ayrıca belirtilmiştir. Planlamaya göre tüm hizmet gruplarının görev almak için hazır bulunacağı sadece bir olay türü vardır, o da depremdir (AFAD, 2013).

Deprem sonrası acil sağlık hizmetinin yönetilmesinde, ulusal düzeyde Türkiye Afet Müdahale Planı ve Ulusal Düzey Sağlık Hizmet Grubu Planı; yerel düzeyde ise İl Afet Müdahale Planları, Yerel Düzey Sağlık Hizmet Grubu Planları ve Hastane Afet ve Acil Durum Planları uygulamaya açıklık getiren planlardır. Sağlık Hizmet Grubunun ana çözüm ortağı Sağlık Bakanlığı' dır. Sorumluluğu ise afet ve acil durumlarda olay yerindeki ilk müdahale, halk sağlığı ve tıbbi bakım ihtiyaçlarının karşılanması ile çevre sağlığı hizmetlerinin aksamadan en hızlı şekilde normale dönmesini sağlamaya yönelik koordinasyondur (AFAD, 2013).

Şekil 2. Ulusal Afet Müdahale Organizasyonu

3. GÜNCEL UYGULAMALAR VE SAĞLIK HİZMETLERİ

3.1 Dünyadaki ve Ülkemizdeki Uygulamalar

Dünyada acil sağlık hizmetleri genel olarak iki modelden birisi üzerine kurulmaktadır. Anglo-Amerikan Modelini uygulayan bazı ülkeler Amerika, İngiltere, Kanada ve Türkiye' dir. Franko-German Modelini uygulayan bazı ülkeler ise Almanya, Fransa, Yunanistan ve Rusya' dır. Bu iki modelin kısa bir karşılaştırması Tablo 1. de gösterilmektedir (Paksoy, 2016).

Tablo 1. Franko-German ve Aglo-Amerikan Modellerinin Karşılaştırması

MODEL	FRANKO-GERMAN	ANGLO-AMERİKAN
Hasta Bakımı	Sahada ileri tedavi - hastaneye az transport	Sahada az tedavi – hastaneye fazla transport
Bakımı Sağlayan	Paramedikle desteklenen doktorlar	Paramedikler
Ana Amaç	Hastane, hastaya götürülür	Hasta, hastaneye götürülür
Transport Yeri	Doğrudan ilgili servis	Acil servis
Kapsamı	Kamu sağlığı organizasyonu	Kamu güvenliği organizasyonu

Amerika Birleşik Devletleri (ABD)' nde acil durum yönetiminden sorumlu kuruluş, 1979 yılından bu yana Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (FEMA)' dır. Federal yönetimin sorumluluğunda olan afetlere hazırlık, önleme, azaltma, müdahale ve iyileştirme aşamalarının koordinasyonundan sorumludur (FEMA, 2019). Uygulanan Ulusal Afet Medikal Sistemi (NDMS), afet mağdurlarına kaliteli medikal bakım sağlama konusunda ulusal bir imkan sağlamaktır. NDMS, doğal afetlere yanıt olarak yönetime yardım etmek için tek ve entegre bir ulusal medikal müdahale yeteneği sağlar. NDMS ekipleri, özel eğitim ve uzmanlığa sahip ajans personeli ve belirlenmiş vatandaşlardan oluşur. Bu ekipler afet veya yaşanan diğer acil olaylar sırasında etkinleştirilir. NDMS aşağıda belirtilen ekiplerden oluşmaktadır (FEMA, 2009):

- Afet Medikal Yardım Ekipleri,
- Ulusal Tıbbi Müdahale Ekipleri,
- Afet Cenaze Servisi Müdahale Ekipleri,
- Ulusal Hemşire Müdahale Ekipleri,
- Ulusal Veteriner Müdahale Ekipleri,
- Ulusal Eczane Müdahale Ekipleri,
- Aile Yardım Merkezi Ekibi,
- Akıl Sağlığı Ekibi.

Almanya Federal Cumhuriyeti, 16 eyaletten oluşan bir devlettir. Seferberlik halinde sivil savunma hizmetlerinden merkezi hükümet sorumluyken afetlerde kurtarma ve korunma hizmetlerinden eyaletler sorumludur. Eyaletler arasında zaman içerisinde oluşan farklılıklar sebebiyle tek tip bir acil durum sistemi oluşturulmamıştır. Bazı eyaletlerde acil durum servisleri tek bir merkezden yönetilmekteyken bazı eyaletlerde her il için ayrı komuta merkezi bulunmaktadır. Yardım çağrısı istendiğinde ortalama 7 dk gibi kısa bir sürede olay yerine yardım ulaşmaktadır. Ayrıca harita üzerinden belirlenen her 50 km yarıçaplı daire için görevlendirilen ayrı bir hava kurtarma istasyonu bulunmaktadır. Afet anında birlikte çalışan kuruluşlardan bazıları şunlardır: İtfaiye, Alman Kızılhaçı, Teknik Yardımlaşma Teşkilatı (THW), İşçi Merhamet Federasyonu (ASB), Johanitter Kaza Yardımı, Malteser Yardım Hizmeti ve Alman Hayat Kurtarma Cemiyeti (DLRG) sayılabilir. Afet gibi büyük çaplı ve hemen müdahale gerektiren durumlarda, biri doktor olmak üzere 8 kişiden oluşan Hızlı Müdahale Grupları devreye sokulmaktadır. Ekip personelinin farklı yerlerde çalışmaları veya istirahat halinde olmalarına bakılmaksızın 20 dakikada kendi bölgelerindeki olay yerine ulaşabilmektedirler (SB, 2001).

Ülkemizde afet sağlık hizmetlerini koordine etmek üzere görevli Sağlık Bakanlığı' nca, Sağlık Afet Koordinasyon Merkezi (SAKOM) kurulmuştur. Sağlık hizmetlerinin kesintiye uğramaması ve zamanında sağlanabilmesi, diğer müdahale kuruluşlarıyla entegrasyon, koordinasyon ve haberleşmenin sağlanabilmesi adına kurulmuştur (SB, 2019a). Acil sağlık hizmetleri düşünüldüğünde, ülkemizdeki bir diğer yenilik ise Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri (UMKE) dir. UMKE, Sağlık Bakanlığı' nın Acil Sağlık Organizasyon Projesi kapsamında 2004 yılında kurulmuştur. Sağlık Bakanlığı afetlerde sağlık organizasyonu çalışmalarının amacı; yurdumuzda başta deprem olmak üzere yaşanabilecek olası afetlerde iyi eğitilmiş ve ihtiyaca uygun olarak donatılmış sağlık ekipleri aracılığıyla en kısa sürede medikal kurtarma hizmetlerinin yerine getirilmesidir. Bununla birlikte en hızlı ve en güvenli şekilde hasta/yaralı naklinin sağlanması, nakil sonrasında acil tedavi ünitelerinin ve hizmetinin temini ve gerekli organizasyonunun oluşturulması yoluyla afetlerde ölüm ve sakatlıkların en aza indirilmesidir. Profesyonel ve gönüllü sağlık personelinden oluşan bu ekipler, aldıkları eğitimlerin ardından düzenli olarak tatbikatlara ve acil durumlara iştirak etmektedirler (Arslan vd., 2007).

3.2 Örnekler, Personel ve Araçlar

Ülkemizde deprem sonrası acil sağlık hizmetlerine yönelik bir örnek olarak 2011 yılında gerçekleşen Van Depremi ele alınabilir. Depremin gerçekleşmesi ile birlikte SAKOM acilen toplanmış ve çalışmalarını 24 saat esasına göre sürdürmüştür. İl merkezi ve ilçelerinde bulunan 112 Acil Sağlık ekipleri ve UMKE personeli ilk 20 dakikada olay yerlerine varmıştır (SB, 2019b). Toplam 2.905 sağlık personeli görev almıştır. %24' ü ilk 24 saat içinde olay yerinde göreve başlamışlardır. Yine ilk 24 saat içinde 113 ambulans göreve başında olmuştur. Toplamda görev alan ambulansların yaklaşık olarak %75' ine denk gelmektedir. Sağlık hizmetleri kapsamında; hasar görmeyen 4 hastaneye ek olarak 6 sahra hastanesi kurulmuştur. UMKE ve ambulans ekipleri kurtarma yapılan tüm enkazlarda hazır bulunmuşlardır. Sağlık Bakanlığınca görevlendirilen ekip ve personel bilgileri Tablo 2. de bulunmaktadır. Ayrıca UMKE ekipleri her iki depremde gerçekleştirilen 252 canlı kurtarma çalışmasına bizzat katılmıştır. 1403 hasta kara ambulanslarıyla, 271 hasta da hava ambulanslarıyla diğer illere sevk edilmiştir (AFAD, 2014b).

Tablo 2. Van Depreminde Görevlendirilen Ekip ve Personel Bilgileri

EKİP / PERSONEL	MEVCUT
UMKE	49
UMKE Personeli	1.488
Mobil Sağlık Aracı	14
Gezici Diş Kliniği Aracı	4
Seyyar Eczane Tırı	2
Halk Sağlığı Ekibi Öğretim Görevlisi	2
Halk Sağlığı Ekibi Uzman Personeli	22

UMKE 21 bölge ve 81 ilde, yaklaşık 7.500 personeli ile afetlerde 24 saat görev yapabilme kapasitesine sahiptir. UMKE' de görev alabilmek için öncelikle gönüllü ve sağlık personeli olmak gereklidir. Belirlenen programa göre eğitim ve tatbikatlara katılma zorunluluğu vardır. Çalışmalara destek olmak amacıyla sivil kişiler de her türlü harcama gideri kendilerine ait olmak üzere UMKE gönüllüsü olabilirler. 2010-2011 Pakistan sel felaketi, 2010 Haiti depremi, 2004 İran Bam depremi gibi yurt dışı; 2011 Van depremi, Soma maden kazası, Isparta uçak kazası gibi yurt içi afet ve acil durumlarda müdahalelerde bulunulmuştur (Günaydın vd., 2017).

4. SONUÇLAR

Deprem coğrafyamızda her zaman var olacaktır. Afete dönüşmeden, sadece doğal bir olay olarak kalması için afet yönetimi döngüsünün tüm unsurları dikkatle uygulanmalıdır. Deprem olduktan sonraki altın saatler için ilk tıbbi müdahale ve devamında uygulanan sağlık hizmetinin sürekli geliştirilmesi gerekmektedir. Eğitim ve tatbikatlar aksatılmadan uygulanmalıdır. Masa başı ve saha tatbikatları sonucunda eksikliği fark edilen durumlar ve çözümleri görüşülmeli, koordineli ve karışıklığa mahal vermeyecek şekilde planlarda yerini alması için gerekli girişimlerde bulunul-

malıdır. Bu sayede afetlerde sağlık hizmeti daha hızlı ve daha kaliteli sunulabilecektir. Yönetimsel açıdan ulusal düzeyde iş bölümünün, tanımların ve personelin sürekli hazır bulundurulması; bu programların sıklıkla güncellenmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

AFAD (2019). "AFAD Hakkında", https://www.afad.gov.tr/tr/2211/AFAD-Hakkinda, 15.09.2019.

AFAD (2018). "Türkiye' de Afet Yönetimi ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri", Ankara.

AFAD (2014a). "Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü", Ankara.

AFAD (2014b). "Müdahale, İyileştirme ve Sosyoekonomik Açıdan 2011 Van Depremi", Ankara.

AFAD (2013). "Türkiye Afet Müdahale Planı", Ankara.

ARSLAN Ü., ŞAHİNÖZ T. ve KAYA M. (2007). "Afetlerde Sağlık Organizasyonu Çalışmaları", TMMOB Afet Sempozyumu Bildiri Kitabı.

FEMA (2019). "About the Agency", https://www.fema.gov/about-agency, 03.10.2019.

FEMA (2009). "Public Health and Medical Services Student Manual", USA.

GÜNAYDIN M., TATLI Ö. ve ERSÖZ GENÇ E. (2017). "Arama Kurtarma Ekipleri ve Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri(UMKE)", Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, Cilt:3 Sayı:1.

IŞIK Ö., AYDINLIOĞLU H.M., KOÇ S., GÜNDOĞDU O., KORKMAZ G. ve AY A. (2012). "Afet Yönetimi ve Afet Odaklı Sağlık Hizmetleri", Okmeydanı Tıp Dergisi.

KANDİLLİ (2019). "Deprem Bilgileri", http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/genel-bilgiler, 10.09.2019.

PAKSOY V.M. (2016). "Acil Sağlık Hizmetlerinde Uluslararası Uygulama Modellerinin Karşılaştırılması:Anglo-Amerikan ve Franko-German Modeli", İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi, Cilt 4 Sayı 1.

SAĞLIK BAKANLIĞI (2019a). "SAKOM", https://acilafet.saglik.gov.tr/TR,4460/sakom.html, 13.09.2019.

SAĞLIK BAKANLIĞI (2019b). "Van Depreminde Sağlık Hizmetleri", https://www.saglik.gov.tr/TR,3419/van-depreminde-saglik-hizmetleri-04112011.html, 13.09.2019.

SAĞLIK BAKANLIĞI (2001). "Afetlerde Sağlık Hizmetleri Yönetimi Kurs Notları", Ankara.

TOKER S.O. ve KÜÇÜKYILMAZ Ü. (2001). "Acil sağlık sistemi nedir? Türkiye' nin ulusal acil sağlık sistemine genel bir bakış", Dirim Orijinal Makaleler Dergisi.

ATIK AKTİF ÇAMURUN HİDROJEN PEROKSİT İLAVELİ HİDRODİNAMİK KAVİTASYON YÖNTEMİ İLE DEZENTEGRASYONU

Prof. Dr. F. Olcay TOPAÇ
Bursa Uludağ Üniversitesi

Canan ETYAM

ÖZET: Anaerobik çürütme, atık su arıtma tesisi çamurlarının stabilizasyonu için en yaygın kullanılan proseslerden biridir. Anaerobik çamur çürütme performansının ve proses sonucu açığa çıkan biyogaz verimliliğinin arttırılması amacıyla atık çamurlara dezentegrasyon yöntemleri olarak ifade edilen çeşitli ön arıtma prosesleri uygulanmaktadır. Bu çalışmada mekanik dezentegrasyon yöntemlerinden olan hidrodinamik kavitasyon prosesi ile hidrojen peroksit (H_2O_2) ilavesi kombinasyonunun atık aktif çamurun bazı özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. H_2O_2 ilaveli kavitasyon denemelerinde, yapılan ön denemeler ve literatür bilgileri baz alınarak 2,5 ila 30 mg/l arasında değişen H_2O_2 dozları kullanılmıştır. Hidrojen peroksit ilavesinin ardından örneklere uygulanan hidrodinamik kavitasyon prosesinde 3mm delik çaplı orifis plakası kullanılmış ve kavitasyon sayısı 0,2'ye ayarlanmıştır. Kavitasyonun farklı zamanlarında alınan çamur örneklerinde çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (ÇKOİ), çözünmüş toplam kjeldahl azotu (ÇTKN) ve çözünmüş toplam fosfor (ÇTP) analizleri yapılarak yöntemin etkinliği değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen parametreler itibarıyla hidrodinamik kavitasyon etkisini belirgin şekilde arttıracak minimum H_2O_2 dozunun 20 mg/l olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Uygulanan yöntemle çamurdaki ÇKOİ, ÇTKN ve ÇTP değerleri sırasıyla 7, 8 ve 3 kat artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atık aktif çamur, Dezentegrasyon, Hidrodinamik kavitasyon, Hidrojen peroksit

Disintegration of Waste Activated Sludge with the Method of Hydrogen Peroxide Added Hydrodynamic Cavitation

ABSTRACT: Anaerobic digestion is one of the most widely used processes for the stabilisation of wastewater treatment plant sludge. In order to increase anaerobic sludge digestion performance and biogas efficiency resulting from the process, various pre-treatment processes, which are referred to as

disintegration methods, are applied to waste sludges. The aim of this study was to investigate the effects of hydrodynamic cavitation process, which is one of the mechanical disintegration methods, with hydrogen peroxide (H_2O_2) additions on some properties of waste activated sludge. In H_2O_2 added cavitation trials, H_2O_2 doses ranging from 2.5 to 30 mg / l were used based on preliminary trials and literature data. Following the addition of hydrogen peroxide, the hydrodynamic cavitation process, with 3 mm orifice plate and cavitation number of 0.2, was applied to the samples. The efficacy of the method was evaluated by analyzing the soluble chemical oxygen demand (SCOD), soluble total kjeldahl nitrogen (STKN) and soluble total phosphorus (STP) in sludge samples taken at different times of cavitation. According to the parameters examined within the study, it was concluded that the minimum H_2O_2 dose which would significantly increase the hydrodynamic cavitation effect was found as 20 mg/l. With the applied method, SCOD, STKN and STP values of sludge increased 7, 8 and 3 times in optimum conditions, respectively.

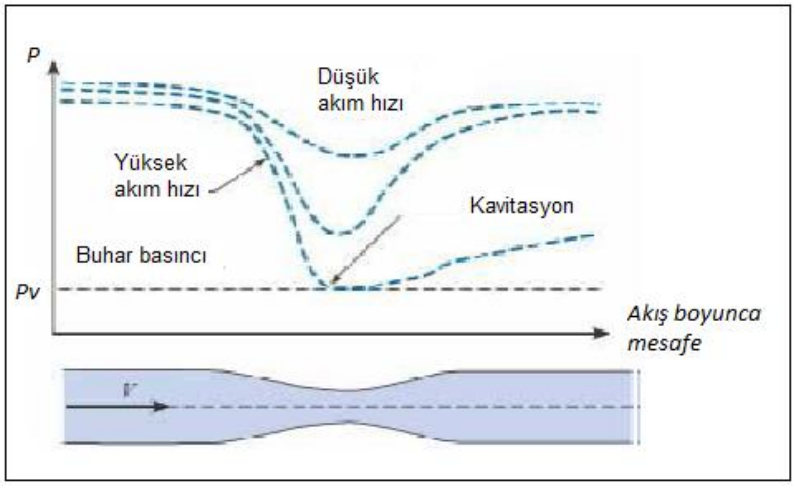
Keywords: Waste activated sludge, Disintegration, Hydrodynamic cavitation, Hydrogen peroxide

1.GİRİŞ

Su ve atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi sırasında veya sonrasında bir yan ürün olarak oluşan arıtma çamurlarının, bozunma ve kokuşma eğiliminde olması, çamurun sadece küçük bir kısmının katı madde, büyük bir kısmının ise sudan oluşması, bu yüzden büyük hacimler işgal etmesi ve de içerisinde patojen mikroorganizmalar bulunması sebebi ile, uygun işlemlerden geçirilerek çevreye zarar vermeyecek şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla uygulanan yöntemlerden olan çamur stabilizasyonu patojenlerin azaltılması, koku giderimi ve kokuşmanın önlenmesi amacıyla gerçekleştirilir. Çamur stabilizasyon yöntemleri içinde anaerobik stabilizasyon gerek biyokütle miktarını azaltmak ve gerekse de biyogaz üretimi sağlamak amacıyla sık kullanılan bir yöntemdir. Ancak anaerobik stabilizasyonun ilk basamağı olan hidroliz aşaması hız sınırlayıcı olan aşamadır. Düşük hidroliz hızı nedeniyle büyük reaktör hacimlerine ve uzun zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Hidroliz hızının arttırılması amacıyla arıtma çamurlarına mekanik, kimyasal, biyolojik ve termal uygulamaları kapsayan farklı ön arıtma/dezentegrasyon prosesleri uygulanmaktadır (Filibeli ve Kaynak, 2006).

Arıtma çamurlarına uygulanan mekanik dezentegrasyon yöntemlerinden olan hidrodinamik kavitasyon yönteminin etkinliğinin araştırılması son yıllarda üzerinde çalışılan bir konu olmuştur. Hidrodinamik kavitasyon, bir orifis, vana ya da ventüri gibi dar bir geçitten sıvının geçmesi ile oluşturulmaktadır (Gogate ve Pandit, 2001).

Sıvı dar bir yapıdan geçerken, akış alanındaki daralmaya bağlı olarak süreklilik denklemi uyarınca hızı artmakta ve buna paralel olarak Bernoulli denklemi uyarınca basıncı düşmektedir. Akış hızı düşük olduğunda, sıvının basıncı buhar basıncının üzerinde kalmaktadır. Ancak akış hızı yükseldiğinde, basıncı sıvının buhar basıncına düşebilmekte ve bunun neticesi olarak sıvı kaynamaya başlamaktadır. Bu noktada kabarcıkların oluşumu gözlenmekte ve kavitasyon olayı gerçekleşmektedir (Şekil 1). Daralma bölgesinden geçen sıvı jet genişledikçe, basınç geri kazanılmakta ve bu durum oluşan kavitasyon baloncuklarının içe doğru çökerek patlaması ile sonuçlanmaktadır. Kavitasyonun en bilinen göstergesi kabarcıkların patlaması sonucu 100 Hz ile 100 kHz aralığında bir frekansta üretilen kavitasyon sesidir. Kavitasyon kabarcıkları çökerek patladığında kabarcık içindeki gazların etkisiyle lokal sıcaklık 10^3-10^4K 'e çıkarken, basınç 10^2 ila 10^3 bar olmaktadır. Kavitasyon kabarcıklarının oluşumu ve patlamaları 10^{18} kW/m^3 mertebesinde olan çok yüksek enerji yoğunluklarıyla karakterize edilmektedir. Kavitasyon kabarcıklarının patlaması sırasında oluşan şok dalgaları kütle transferini ve kimyasal reaksiyonları hızlandıran, kimyasal kompozisyonda değişimlere neden olan faz geçiş sınır yüzeyinde belirgin bir artış yaratmaktadır. Meydana gelen ekstrem şartlar suyun H● ve OH● radikallerine disosiye olmasına da neden olmaktadır. Kavitasyonla oluşan şok dalgaları kirletici moleküllerin özellikle de büyük molekül ağırlıklı kompleks moleküllerin parçalanmasına yardım etmektedir. Bu şekilde oluşan ara bileşikler OH● radikalleri tarafından parçalanmaya ve biyolojik oksidasyona daha yatkın olmakta ve atıksuyun toplam parçalanma/mineralizasyon verimi artmaktadır (Ozonek, 2012; Badve vd., 2013).



Şekil 1. Kavitasyon oluşumu

Yapılan çalışmalar hidrodinamik kavitasyon ile özellikle atıksulardaki boyar madde ve bazı toksik bileşiklerin arıtımında ve sızıntı suyu arıtımında başarılı neticeler elde edilebildiğini göstermektedir (Bagal ve Gogate, 2014; Chakinala vd., 2008; Gore ve Chavan, 2013; Petkovsek vd., 2013). Diğer taraftan, anaerobik çamur çürütme öncesi dezentegrasyon yöntemi olarak uygulanan hidrodinamik kavitasyona ilişkin yapılmış çalışmalar yöntemin bu alandaki kullanılabilme potansiyelini de ortaya koymaktadır. (Grübel vd., 2014; Machnicka vd., 2009; Petkovsek vd., 2015). Tüm bu çalışmalarda, hidrodinamik kavitasyon yönteminin tek başına kullanıldığı gibi, ozon, H_2O_2 ve diğer oksitleyicilerle birlikte de kullanılabildiği ve buna bağlı olarak elde edilen verimin oldukça yükseldiği vurgulanmıştır. Harcanan kimyasal madde ve güç tüketimlerindeki düşüş hidrodinamik kavitasyonu cazip hale getirmektedir.

Bu çalışmada hidrodinamik kavitasyon prosesi ile hidrojen peroksit (H_2O_2) ilavesi kombinasyonunun atık aktif çamurun bazı özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Atık aktif çamura farklı oranlarda hidrojen peroksit ilave edilmiş ve ardından orifis plakalı hidrodinamik kavitasyon reaktöründe kavitasyon gerçekleştirilmiştir. Kavitasyon periyodunun farklı zamanlarında alınan çamur örneklerinde çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (ÇKOİ), çözünmüş toplam Kjeldahl azotu (ÇTKN) ve çözünmüş toplam fosfor (ÇTP) analizleri yapılarak yöntemin etkinliği değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

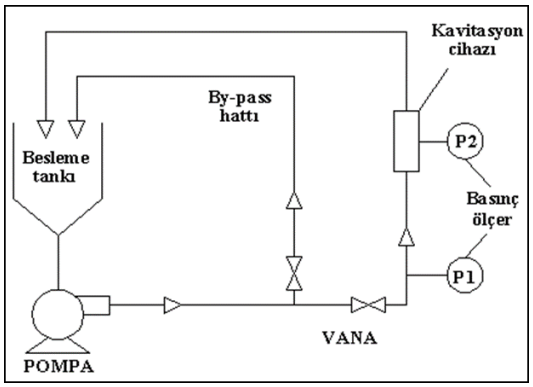
Bu çalışmada kullanılan atık aktif çamur, Bursa'da bulunan, konserve gıda üretimi yapılan bir işletmenin atıksu arıtma tesisinden alınmıştır. Evsel nitelikli atıksular ile proses sularının birlikte aktif çamur sistemiyle arıtıldığı arıtma tesisinin debisi 5500 m^3 $gün^{-1}$ 'dür. Çalışma kapsamında kullanılan çamur özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 5. Çalışmada kullanılan atık aktif çamurun özellikleri

Parametre	Değer
pH	7,50
TKOİ (mg l^{-1})	13200
ÇKOİ (mg l^{-1})	350
TKN (mg l^{-1})	724
ÇTKN (mg l^{-1})	52
TP (mg l^{-1})	374
ÇTP (mg l^{-1})	28

2.2. Deneysel Düzenek

Atık aktif çamurun hidrodinamik kavitasyon yöntemiyle dezentegre edilmesi için orifis plakası içeren bir kavitasyon cihazı kullanılmıştır. Bu sistem 20 lt'lik paslanmaz çelikten yapılmış bir reaktör, dikey milli santrifüj pompa (motor gücü: 1,5 kw) ve kavitasyon oluşumunun gerçekleştiği bir orifis plakası içermektedir. Pompanın deşarj kısmına bağlı olan boru ana hat ve bypass hattı olmak üzere dallanmaktadır. Çalışma kapsamında yapılan denemelerde delik çapı 3 mm olan orifis plakası kullanılmıştır. Çalışma şartlarında kavitasyon sayısı, orifisten geçen sıvının hızını değiştirmek suretiyle, 0,2 olarak ayarlanmıştır. Kullanılan sistem şematik olarak Sekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Çalışma kapsamında kullanılan hidrodinamik kavitasyon sisteminin şematik gösterimi

2.3. Laboratuvar Analizleri

Çözünmüş toplam Kjeldahl azotu (ÇTKN), çözünmüş toplam fosfor (ÇTP), ve çözünmüş KOİ (ÇKOİ) tayinleri Standart Metotlar'da (APHA, AWWA, WEF., 1998) belirtildiği şekilde yapılmıştır. Çözünmüş TKN tayini için örnekler santrifüjlenerek (10000 x g, 4°C, 20 dak.), süpernatant mavi bantlı filtreden süzülmüş, elde edilen süzük Kjeldahl yöntemi ile yakılmış ve çözünmüş toplam azot içeriği destilasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Çözünmüş toplam P ölçümünde çamurdan elde edilen süzüğe yaş yakma uygulandıktan sonra askorbik asit yöntemi kullanılarak spektrofotometrik ölçüm yapılmıştır. Çözünmüş KOİ tayini için de örnekler santrifüjlenerek (10000 x g, 4°C, 20 dak.), süpernatant mavi bantlı filtreden süzülmüş ve süzükteki KOİ standart potasyum dikromat çözeltisi kullanılarak tayin edilmiştir.

2.4.İstatistiksel Analiz

Hidrojen peroksit dozu ve kavitasyon süresinin çalışma kapsamında belirlenen parametreler üzerindeki etkisini değerlendirmek üzere STATISTICA programı kullanılarak iki yönlü varyans analizi uygulanmıştır ve ortalama değerler Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi kullanılarak kıyaslanmıştır.

3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamındaki hidrojen peroksit ilaveli hidrodinamik kavitasyon denemelerinde 3mm delik çaplı orifis plakası kullanılmış ve kavitasyon sayısı 0,2'ye ayarlanmıştır. Bu çalışmada yapılan denemeler, kavitasyon şartları sabit tutulmak üzere farklı hidrojen peroksit konsantrasyonlarında gerçekleştirilmiştir. Literatür (Gashchin ve Viten'ko, 2011) ve yapılan ön denemeler baz alınarak 2,5 ila 30 mg/l arasında değişen H_2O_2 dozları kullanılmıştır.

Hidrojen peroksitli denemelerden elde edilen verilere uygulanan 2 yönlü ANOVA sonuçları eklenen kimyasal dozunun ve kavitasyon zamanının atık aktif çamurdaki ÇKOİ, ÇTKN ve ÇTP konsantrasyonunu önemli derecede etkilediğini göstermiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Atık aktif çamurdaki ÇKOİ, ÇTKN ve ÇTP değerlerinin hidrojen peroksit dozu ile kavitasyon süresine göre farklılaşma durumunu gösteren iki yönlü varyans analizi sonuçları

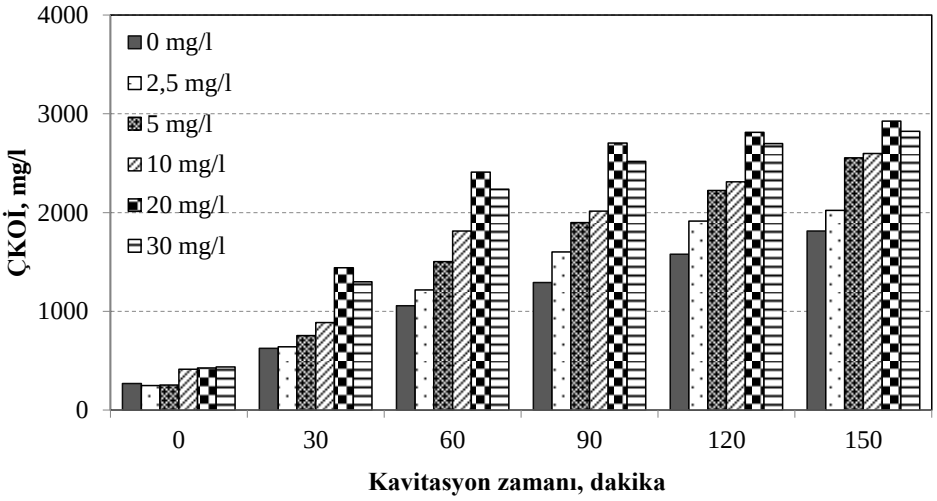
Parametre	Varyasyon Kaynağı	SS	Serbestlik Derecesi	$F_{İstatistik}$
Bağımsız Değişken : ÇKOİ				
	Hidrojen peroksit dozu (D)	16940851	5	41,27*
	Kavitasyon Süresi (KS)	56875106	5	138,6*
	D x KS	4640137	25	2,261*
	Hata	5910732	72	-
Bağımsız Değişken: ÇTKN				
	Hidrojen peroksit dozu (D)	103941	5	330,9*
	Kavitasyon Süresi (KS)	1103198	5	3512*
	D x KS	48986	25	31,19*
	Hata	4522,66	72	-
Bağımsız Değişken: ÇTP				
	Hidrojen peroksit dozu (D)	155795	5	1575*
	Kavitasyon Süresi (KS)	88419	5	893,6*
	D x KS	26030	25	52,61*
	Hata	1424,8	72	-

**$p<0,05$ düzeyinde önemli

Farklı oranlarda hidrojen peroksit ilave edilerek kavite edilen atık aktif çamurdaki ÇKOİ değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 3'te sunulmuştur. Hidrojen peroksit ilavesinin olmadığı deneme sonuçları incelendiğinde, çamurdaki başlangıç ÇKOİ değerinin (yaklaşık 250 mg/l) kavitasyon süresince belirgin şekilde arttığı ve

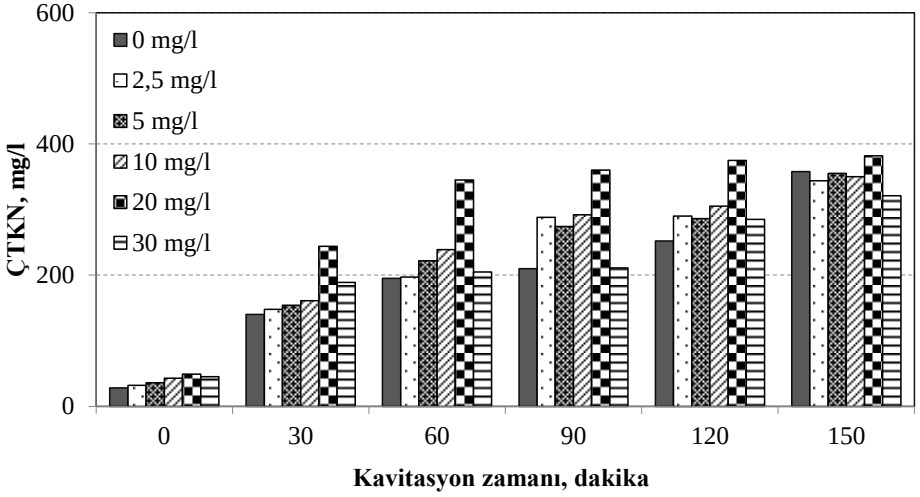
150 dakikalık kavitasyon sonunda 1812 mg/l seviyelerine çıktığı görülmektedir. Kavitasyon öncesi çamura yapılan hidrojen peroksit ilavesi tüm dozlarda ÇKOİ değerini arttırıcı yönde etkide bulunmuştur. Diğer bir ifadeyle hidrojen peroksit ilavesiyle kavite edilen örneklerde ulaşılan ÇKOİ değerleri kimyasal madde ilavesiz denemede ulaşılan değerlerin üzerinde bulunmuştur. ÇKOİ değerlerinin hidrojen peroksit dozuna bağlı olarak değişimi irdelendiğinde ise, 20 mg/l'lik hidrojen peroksit dozuna kadar kademeli bir artışın meydana geldiği, 30 mg/l hidrojen peroksit uygulamasında ise ÇKOİ değerlerinin artmadığı bilakis azaldığı tespit edilmiştir. 20 mg/l konsantrasyonunu sağlayacak miktarda hidrojen peroksit ilavesinin ve hidrodinamik kavitasyonun yarattığı şartlarda ulaşılan çözünmüş KOİ değeri 2925 mg/l olup, tüm denemelerde ulaşılan en yüksek değerdir. H_2O_2 mikroorganizmaların hücre duvarlarını parçalayabilen güçlü bir oksidanttır, sitoplazmanın salınmasını sağladığı gibi pek çok dirençli organik bileşiğin oksidasyonunu da gerçekleştirmektedir. Yapılan pek çok çalışma H_2O_2 destekli proseslerin etkili bir ileri oksidasyon prosesi olduğunu göstermektedir (Kenge vd., 2009; Wong vd., 2006; Ya-Wei vd., 2015).

Hidrojen peroksitili denemelerde 30 mg/l H_2O_2 eklenmesi mineralizasyona neden olduğundan dolayı daha düşük ÇKOİ değerlerinin elde edildiği düşünülmektedir. Bu duruma benzer olarak Wang vd. (2009) yaptığı çalışmada yüksek H_2O_2 dozlarında mineralizasyondaki artışın çözünürlükteki artıştan daha hızlı olduğunu vurgulamıştır.



Şekil 3. Farklı oranlarda hidrojen peroksit ilave edilerek kavite edilen atık aktif çamurdaki ÇKOİ değerlerinin zamana bağlı değişimi

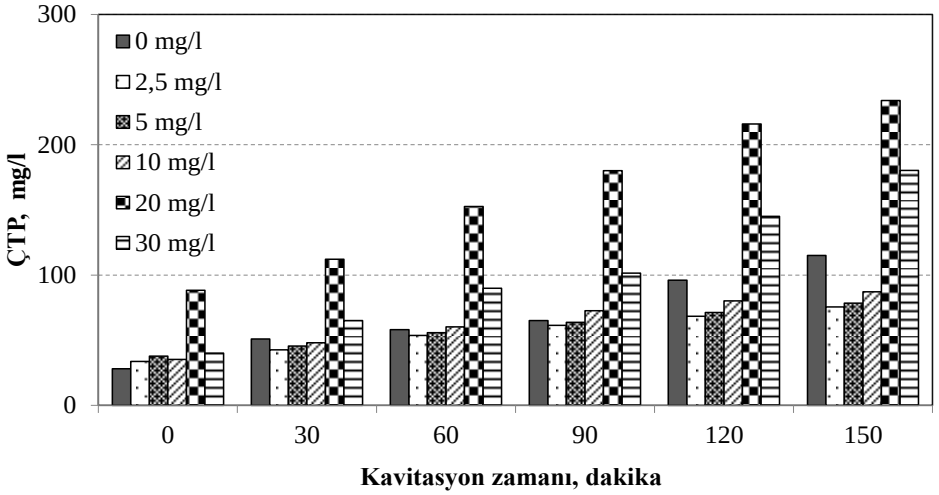
Proteinler organizmaların temel bileşenlerinden olup yüksek ve sabit azot içerikleri ile ayırt edilmektedirler. Protein yapısında amino grupları veya peptik bağlar formunda bulunan azotun çamurun sıvı fazına salınması, dolayısıyla çamurdaki ÇTKN değerinin değişmesi, uygulanan yöntemin dezentegrasyon verimliliğini değerlendirmek amacıyla kullanılabilecek diğer bir araçtır. Farklı oranlarda hidrojen peroksit ilave edilerek kavite edilen atık aktif çamurdaki ÇTKN değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4'te verilmiştir. Hidrojen peroksit ilavesi yapılmayan denemede elde edilen değerler incelendiğinde yaklaşık 30 mg/l olarak belirlenen başlangıç ÇTKN değerinin, uygulanan hidrodinamik kavitasyonun etkisiyle belirgin şekilde arttığı görülmüştür. Kavitasyon süresine bağlı olarak kademeli bir artış gösteren ÇTKN değeri, 150 dakikalık kavitasyonun sonunda 358 mg/l değerine ulaşmıştır. Şekil 4'te sunulan hidrojen peroksit ilaveli denemelere ilişkin sonuçlar incelendiğinde, ÇTKN değerini en fazla arttıran dozun 20 mg/l olduğu tespiti yapılmıştır. 30 ve 60 dakikalık kavitasyon sonunda diğer hidrojen peroksit dozları önemli bir fark yaratmazken, 20 mg/l dozunda hidrojen peroksit uygulaması ÇTKN değerlerini sırasıyla 244 ve 345 mg/l değerlerine çıkartmıştır. 150 dakikalık kavitasyon sonunda ulaşılan değer ise 382 mg/l olarak tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan atık aktif çamurun TKN değeri ile başlangıçtaki ÇTKN değerleri (Tablo 1) ve dezentegrasyon sonucu ulaşılan maksimum ÇTKN değeri (382 mg/l) dikkate alındığında, atık aktif çamurun katı fazında bulunan azotun yaklaşık %57'sinin sıvı faza geçmiş olduğu belirlenmiştir. Gündüz (2009) tarafından yürütülen benzer bir çalışmada atık aktif çamur hidrodinamik kavitasyonla benzer etkilere sebep olan ultrasonik kavitasyon yöntemiyle (spesifik enerji: 100000 kJ kg^{-1}) dezentegre edilmiş ve çamurdaki ÇTKN değerinin 9mg/l'den 524 mg/l'ye çıktığı tespit edilmiştir. Hidrodinamik kavitasyonun *E.coli* üzerindeki etkisinin değerlendirildiği diğer bir çalışmada da çözünebilir protein konsantrasyonunun uygulanan yöntemin etkisiyle %48 arttığına dikkat çekilmiştir (Balasundarum ve Harrison, 2006).



Şekil 4. Farklı oranlarda hidrojen peroksit ilave edilerek kavite edilen atık aktif çamurdaki ÇTKN değerlerinin zamana bağlı değişimi

Farklı oranlarda hidrojen peroksit ilave edilerek kavite edilen atık aktif çamurdaki ÇTP değerlerinin zamana bağlı değişimi ise Şekil 5'te sunulmuştur. Kimyasal madde ilave edilmemiş denemedeki ÇTP değerlerine bakıldığında başlangıç anında 28 mg/l olarak belirlenen ÇTP değerinin kavitasyon süresine bağlı olarak artış gösterdiği görülmektedir. 150 dakikalık kavitasyonun ardından ÇTP değeri 115 mg/l değerine ulaşmıştır. Düşük dozlarda (2,5-10 mg/l) hidrojen peroksit ilavesi atık aktif çamurdaki ÇTP değeri üzerinde büyük bir fark yaratmamıştır. Bu denemelerde belirlenen ÇTP değerlerinin genel olarak kimyasal ilavesiz denemedeki değerlerle benzer olduğu veya bu değerlerin hafifçe altında kaldığı tespit edilmiştir. Diğer yandan yüksek dozda ilave edilen hidrojen peroksit ÇTP değerlerini belirgin şekilde arttırmıştır. Belirlenen en yüksek konsantrasyonlar hidrojen peroksit konsantrasyonunun 20 mg/l olduğu şartlarda belirlenmiş olup, 150 dakikalık kavitasyon periyodunun ardından ulaşılan ÇTP değeri 234 mg/l olarak bulunmuştur. Çalışmada bazı denemelerde ÇTP değerinin düşük bulunması dikkati çekmekte olup, bu durum aynı denemelerdeki ÇKOİ ve ÇTKN değerleriyle beraber düşünüldüğünde dezentegrasyonun gerçekleşmediği şeklinde bir yorum yapmanın doğru olmayacağı açıkça görülmektedir. Söz konusu şartlarda, gerçekleşen dezentegrasyonun etkisiyle

salınan çözünmüş toplam fosforun bir kısmının, ortamda bulunan alüminyum ve demir tuzları ile çözünmez fosfor bileşikleri oluşturmuş olabileceği ve ÇTP değerlerinin buna bağlı olarak düşmüş olabileceği izlenimi edinilmiştir.



Şekil 5. Farklı oranlarda hidrojen peroksit ilave edilerek kavite edilen atık aktif çamurdaki ÇTP değerlerinin zamana bağlı değişimi

4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Uygulanan kombine yöntemin yarattığı etkilerle, çamur katı fazındaki organik içerikler çamur sıvı fazına geçmiş ve çamurdaki ÇKOİ, ÇTKN ve ÇTP konsantrasyonlarının önemli ölçüde artmasına sebep olmuştur. Çalışma kapsamında incelenen parametreler itibarıyla hidrodinamik kavitasyon etkisini belirgin şekilde arttıracak minimum H_2O_2 dozunun 20 mg/l olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Uygulanan yöntemle çamurdaki ÇKOİ, ÇTKN ve ÇTP değerleri sırasıyla 7, 8 ve 3 kat artmıştır. Atık aktif çamurun çözünebilir organik madde ve nutrient içeriğindeki bu artışa paralel olarak, anaerobik çamur çürütme performansının olumlu yönde etkileneceği düşünülmektedir.

Teşekkür: Bu çalışma 114Y523 nolu TÜBİTAK Projesi kapsamında yapılmıştır. Desteklerinden ötürü TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

APHA, AWWA, WEF. (1998). Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. Baltimore, USA.

BADVE, M., GOGATE, P., PANDIT, A., CSOKA, L. (2013). "Hydrodynamic Cavitation as a Novel Approach for Wastewater Treatment in Wood Finishing İndustry'', Separation and Purification Technology, 106: 15–21.

BAGAL, M.V. and GOGATE, P.R. (2014). "Degradation of Diclofenac Sodium Using Combined Processes Based on Hydrodynamic Cavitation and Heterogeneous Photocatalysis", Ultrason. Sonochem., 21: 1035–1043.

BALASUNDARUM, B. and HARRISON, S.T.L. (2006). "Disruption of Brewers' Yeast by Hydrodynamic Cavitation: Process Variables and Their Influence on Selective Release", Biotechnology and Bioengineering, 94: 303-311.

CHAKINALA, A. G., BREMNER, D. H., GOGATE, P. R., NAMKUNG, K. and BURGESS, A.E. (2008). "Multivariate Analysis of Phenol Mineralisation by Combined Hydrodynamic Cavitation and Heterogeneous Advanced Fenton Processing'', Applied Catalysis B: Environmental, 78: 11–18.

FİLİBELİ, A. ve KAYNAK, G.E. (2006). "Arıtma Çamuru Miktarının Azaltılması ve Özelliklerinin İyileştirilmesi Amacıyla Yapılan Ön İşlemler'', İtü dergisi/e Su Kirlenmesi Kontrolü, 16 (1-3): 3-12.

GASHCHIN, O.R. and VITEN'KO, T.N. (2009). "The Combined Effect of Hydrodynamic Cavitation, Hydrogen Peroxide, and Silver Ions on the *Escherichia Coli* Microorganisms'', Journal of Water Chemistry and Technology, 33 (4): 266-271.

GOGATE, P. R. and PANDIT, A.B. (2001). "Hydrodynamic Cavitation Reactors: A State of the Art Review", Reviews in Chemical Engineering, 17 (1): 1-85.

GORE, M.M. and CHAVAN, P.V. (2013). "Hydrodynamic Cavitation Using Degradation of Reactive Orange 4 Dye", Int. J. Chem. Sci. 11 (3): 1314-1320.

GRÜBEL, K., MACHNICKA, A., NOWICKA, E., and WACLAWEK, S. (2014). "Mesophilic-Thermophilic Fermentation Process of Waste Activated Sludge After Hybrid Disintegration", Ecol. Chem. Eng. S., 21: 125-136.

GÜNDÜZ, Ç. (2009). Ultrasonic Disintegration of Sewage Sludge. MSc Thesis, Dokuz Eylül University, İzmir.

KENGE, A.A., LIAO, P.H., and LO, K.V. (2009). "Factors Affecting Microwave-Enhanced Advanced Oxidation Process for Sewage Sludge Treatment", J. Environ. Sci. Heal. A., 44: 1069-1076.

MACHNICKA, A., GRUBEL, K. and SUSCHKA, J. (2009). "The Use of Hydrodynamic Disintegration as a Means to Improve Anaerobic Digestion of Activated Sludge", Water SA, 35 (1): 129-132.

OZONEK, J. (2012). Application of Hydrodynamic Cavitation in Environmental Engineering, Taylor and Francis Group, London.

PETKOVSEK, M., ZUPANC, M., DULAR, M., KOSJEK, T., HEATH, E., KOMPARE, B. and SIROK, B. (2013). "Rotation Generator of Hydrodynamic Cavitation for Water Treatment", Separation and Purification Technology, 118: 415–423.

PETKOVSEK, M., MLAKAR, M., LEVSTEK, M., STRAZAR, M., SIROK, B. and DULAR, M. (2015). "A Novel Rotation Generator of Hydrodynamic Cavitation for Waste-Activated Sludge Disintegration", Ultrason. Sonochem., 26: 408-414.

WANG, Y., WEI, Y. and LIU, J. (2009). "Effect of H2O2 Dosing Strategy on Sludge Pretreatment by Microwave-H2O2 Advanced Oxidation Process", Journal of Hazardous Materials, 169 (1-3): 680-684.

WONG, W.T., CHAN, W.I., LIAO, P.H., LO, K.V. and MAVINIC, D.S. (2006). "Exploring the Role of Hydrogen Peroxide in the Microwave Advanced Oxidation Process: Solubilization of Ammonia and Phosphates", J. Environ. Eng. Sci., 5: 459–465.

YA-WEI, W., CHENG-MIN, G., XIAO-TANG, N., MEI-XUE, C. and YUAN-SONG, W. (2015). "Multivariate Analysis of Sludge Disintegration by Microwave-Hydrogen Peroxide Pretreatment Process", J. Hazard Mater., 283: 856-864.

FENOLLE KİRLENMİŞ TOPRAKLARIN EVSEL NİTELİKLİ ARITMA ÇAMURU UYGULAMASI İLE ISLAHI

Prof. Dr. F. Olcay TOPAÇ
Bursa Uludağ Üniversitesi

ÖZET: Çeşitli atıklar vasıtasıyla toprağa karışan fenolik bileşikler çok toksik ve kanserojen olmaları, biyolojik birikim kapasiteleri ve kararlılıkları sebebiyle toprakları tehdit eden önemli bir kirletici grubu olarak kabul edilmektedirler. Fenolik bileşikler arasında yer alan fenol, topraklarda ve yeraltı sularında sıklıkla rastlanan çevresel kirleticilerden biridir. Petrokimya endüstrisi, patlayıcı üretimi, reçine ve kok üretimi, demir çelik endüstrisi, ilaç endüstrisi gibi endüstrilerden yapılan fenolce zengin atık/atıksu deşarjları topraklar ve diğer çevresel ortamlar için bir risk oluşturmaktadır. Bu çalışmada farklı konsantrasyonlardaki fenolün bazı toprak enzim aktiviteleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi ve evsel nitelikli stabilize arıtma çamurunun fenolle kirlenmiş topraklardaki iyileştirici etkisinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu kapsamında topraklar düşük ve yüksek dozda fenolle (15 mg/kg ve 150 mg/kg) kirletilmiş ve kirlenmenin ardından topraklardaki üreaz, dehidrogenaz ve alkali fosfataz aktiviteleri belirlenmiştir. Fenolle kirletilmiş topraklara 100t/ha oranında stabilize edilmiş evsel arıtma çamuru uygulanmış, çamurun yarattığı etkiler 30 günlük bir inkübasyon çalışmasıyla değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, 15 mg/kg konsantrasyonundaki fenol uygulamasının toprak enzim aktiviteleri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur. 150 mg/kg konsantrasyonundaki fenol kirliliği ise belirlenen enzim aktivitelerini % 25 ila 52 oranında inhibe etmiştir. Fenol içeren topraklara ve kontrol toprağına uygulanan arıtma çamurları topraklardaki enzim aktivitesi değerlerini belirgin şekilde yükseltmiştir. Yüksek doz fenol uygulamasının enzim aktiviteleri üzerinde yarattığı olumsuz etkinin atıksu çamuru uygulamasıyla büyük ölçüde giderildiği izlenimi edinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, Enzim aktiviteleri, Fenol, Toprak kirliliği

Remediation of Phenol-Contaminated Soils with the Application of Domestic Wastewater Sludge

ABSTRACT: Phenolic compounds that are mixed with soil through various wastes are considered as an important pollutant group that is threatening

soils because of their toxicity and carcinogenicity, their biological accumulation capacity and stability. Among the phenolic compounds, phenol is one of the most frequent environmental pollutants in soils and groundwater. Phenol-rich wastewater discharges from industries such as the petrochemical industry, explosive production, resin and coke production, the iron and steel industry, and the pharmaceutical industry pose a risk both to soils and to other environments. The aim of this study was to determine the effect of different concentrations of phenol on some soil enzyme activities and to show the remedial effect of stabilized domestic sludge on phenol contaminated soils. In this context, soils were contaminated with low and high doses of phenol (15 mg/kg and 150 mg/kg) and urease, dehydrogenase and alkaline phosphatase activities were determined after contamination. 100 t/ha of domestic sludge was applied to soils contaminated with phenol at different doses and the effects of sludge were evaluated by a 30-day incubation study. According to the results of the study, the effect of phenol application at 15 mg/kg concentration on soil enzyme activities was not significant. Phenol contamination at a concentration of 150 mg / kg inhibited determined enzyme activities by 25 to 52%. Wastewater sludges applied to phenol containing soils and control soil significantly increased enzyme activity values in soils. The negative effect of high-dose phenol application on enzyme activities was observed to be largely eliminated by wastewater sludge application.

Keywords: Wastewater sludge, Enzyme activities, Phenol, Soil pollution

1.GİRİŞ

Evsel ve endüstriyel katı/sıvı atıkların toprak ortamında bertarafı toprak kirliliğinin başlıca kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu atıklar içerisinde yer alan organik ya da inorganik formda bulunan çeşitli kirleticilerin, toprak mikroorganizmalarını olumsuz yönde etkilediği, bunlarla ilişkili biyokimyasal prosesleri baskıladığı ve toprağın doğal dengesini bozarak toprak fonksiyonlarını azalttığı pek çok çalışmada ortaya konmuştur (Adewumi ve Ajibade, 2015; Al-Jaboobi vd., 2014; Borowik vd., 2017).

Çeşitli atıklar vasıtasıyla toprağa karışan fenolik bileşikler çok toksik ve kanserojen olmaları, biyolojik birikim kapasiteleri ve kararlılıkları sebebiyle toprakları tehdit eden önemli bir kirletici grubudur (Kahru vd., 2002; Min vd., 2015; Sadej vd., 2016). Fenolik bileşikler arasında yer alan fenol, topraklarda ve yeraltı sularında sıklıkla rastlanan çevresel kirleticilerden biridir. Fenol (C_6H_6O; CAS 108-95-2) beyaz ile açık pembe arası renge sahip kristal bir katı olup genellikle sıvı formda satıl-

makta ve kullanılmaktadır. Aromatik bir hidroksi olan fenol klorlanmamış monohidrik fenol grubuna ait bir bileşiktir. Fenol temel olarak insan yapımı bir kimyasaldır, fakat aynı zamanda doğal olarak organik madde, hayvan atıkları ve kömür katranının ayrışmasında da oluşmaktadır (ATSDR, 1989). Petrokimya endüstrisi, patlayıcı üretimi, reçine ve kok üretimi, demir çelik endüstrisi, ilaç endüstrisi gibi endüstrilerden yapılan fenolce zengin atık/atıksu deşarjları topraklar ve diğer çevresel ortamlar için bir risk oluşturmaktadır (Kadi ve Benrachedi, 2018). Fenol ayrıca benzen içeren çeşitli organik atıkların doğal bozunması neticesinde de açığa çıkmaktadır. Fenol, çevresel ortamlarda yoğun olarak bulunan başlıca benzen metabolitidir (Rothman vd., 1998).

Fenol çevresel ortamlarda hızlı bir biyo-bozunma eğilimi göstermektedir. Hem aerobik hem de anaerobik toprak mikroorganizmaları fenolü bir büyüme substratı olarak kullanabilmekte olup, aerobik koşullar altındaki ayrışmanın anaerobik koşullar altında gerçekleşen ayrışmadan genellikle daha hızlı olduğu bilinmektedir (Howard, 1989). Fenolün karbondioksit (aerobik koşullar altında) veya karbon dioksit artı metan (anaerobik koşullar) oluşturmak için komple mineralizasyonu uygun çevre koşulları uygun olduğunda gerçekleşebilmektedir (WHO 1994). Diğer taraftan toprak ortamında bulunan fenol, montmorillonit, kaolinit ve illit gibi killer tarafından adsorbe edilebilmektedir. Kil yüzeylerine olan bu adsorpsiyon tersinir olmasına rağmen, fenolün biyolojik bozulma oranını azaltabilmektedir (Knezovich vd.,1988). Fenol suda çözünür ve orta derecede uçucu bir bileşik olduğu için, topraklarda çok hareketlidir ve toprak zemininden kolaylıkla süzülebilmekte ve yer altı sularının kirlenmesine neden olabilmektedir. (Anonim, 1996).

Fenolün çevresel ortamlardaki akibeti, fazlar arası dağılımı, hareketi ve çeşitli yollarla bozunması konularında çok sayıda çalışma yapılmış olup (Amiri vd., 2004; Gao vd., 2012; Hancock ve Dean, 1997; Kadi ve Benrachedi, 2018; Kahru vd., 2002) fenolün toprakta gerçekleşen nitrifikasyon, amonifikasyon, respirasyon gibi mikrobiyal prossesler üzerindeki toksisitesini belirlemeye yönelik çalışmaların daha kısıtlı olduğu dikkati çekmektedir (Neufeld vd., 1980) Biyolojik bir sistem olarak toprak, mikrobiyal topluluktan, toprak hayvanlarından, bitki artıklarından ve kök sistemlerinden kaynaklanan sayısız enzim içermektedir. Toprak enzimleri, azotun, fosforun ve karbonun mikrobiyal döngüsünde yer aldığından, toprakların biyolojik durumunu yansıtmak için olası bir bütünleşik kalite ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, topraktaki enzim aktiviteleri, çeşitli toprak kirleticilerinin neden olduğu antropojenik stresin biyolojik göstergeleri ve kirli alanların izlenmesinde basit risk değerlendirme araçları olarak kabul edilmektedirler (Utobo ve Tewari, 2015). Bu doğrultuda , enzim aktivitelerinin topraktaki fenol kirliliğine verdiği yanıtın belirlenmesi

ve değerlendirilmesiyle, fenolün topraktaki mikrobiyal prosesler üzerinde yarattığı olası baskılar ile ilgili bazı ipuçları elde edilebilecektir.

Bu çalışmada farklı konsantrasyonlardaki fenolün bazı toprak enzim aktiviteleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamında topraklar düşük ve yüksek dozda fenolle (15 mg/kg ve 150 mg/kg) kirletilmiş ve kirlenmenin ardından topraklardaki üreaz, dehidrogenaz ve alkali fosfataz aktiviteleri belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca evsel nitelikli stabilize arıtma çamurunun fenolle kirlenmiş topraklardaki iyileştirici etkisinin ortaya konması amaçlanmış ve fenolle kirletilmiş topraklara 100t/ha oranında stabilize edilmiş evsel arıtma çamuru uygulanarak çamurun yarattığı ıslah etkileri 30 günlük bir inkübasyon çalışmasıyla değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında kullanılan toprak örneği, Bursa-Nilüfer İlçesi Özlüce bölgesi yakınında bulunan bir tarım arazisinden 0-20 cm derinlikten uygun yöntemlerle alınmıştır. Topraklara uygulanan fenol (Merck) analitik saflıktadır. Fenolle yapay olarak kirletilmiş toprakların ıslah edilmesi amacıyla kullanılan aerobik arıtma çamuru örneği ise süt ve süt ürünleri üretilen bir fabrikanın arıtma tesisinden temin edilmiştir. Temin edilen filtre pres çıkışı çamur uygulama öncesi >%95 seviyesine kadar havada kurutularak stabilize edilmiştir. Toprak ve arıtma çamurunun bazı özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 6. Çalışmada kullanılan toprak ve stabilize arıtma çamuru özellikleri

Parametre	Toprak	Stabilize Arıtma Çamuru
Kum, %	54	-
C'de	17	-
Kil,%	29	-
Tekstür	Kumlu killi tın	-
pH (1:5 saf su ekstraktı)	7,70	6,94
EC_{25^oC} (1:5 saf su ekstraktı), µS/cm 25°C	175	3236
Toplam N, $mg.kg^{-1}$	844	52500
Amonyu -N, $mg.kg^{-1}$	24,6	984
Nitrat N, $mg.kg^{-1}$	20,1	238
Toplam-P, $mg.kg^{-1}$	765	3258

Yarayışlı P, $mg.kg^{-1}$	22,4	202
Fekal koliform, log MPN/ g kuru çamur	-	$1,2 \times 10^2$

2.2. Deneysel Düzenek

Çalışmanın ilk bölümünde fenolün topraktaki enzim aktiviteleri üzerindeki etkilerini belirlemek üzere toprak örnekleri düşük ve yüksek dozda fenolle (15 mg/kg ve 150 mg/kg) kirletilmiş ve kirlenmenin ardından topraklardaki üreaz, alkali fosfataz ve dehidrogenaz aktiviteleri belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde ise fenolle kirlenmiş topraklara ve herhangi bir kirlenmenin olmadığı kontrol toprağına 100t/ha oranını sağlayacak miktarda evsel nitelikli stabilize arıtma çamuru örneği ilave edilerek, 30 gün süren bir inkübasyon çalışması yürütülmüştür. İnkübasyon sıcaklığın 28 ^{o}C'de sabit tutulduğu bir inkübatörde gerçekleştirilmiş ve toprak neminin tarla kapasitesinin %70'i oranında sabit kalmasına özen gösterilmiştir. İnkübasyonun 10., 20. ve 30. günleri sonunda alınan toprak örneklerinde üreaz, alkali fosfataz ve dehidrogenaz aktiviteleri tayin edilmiştir.

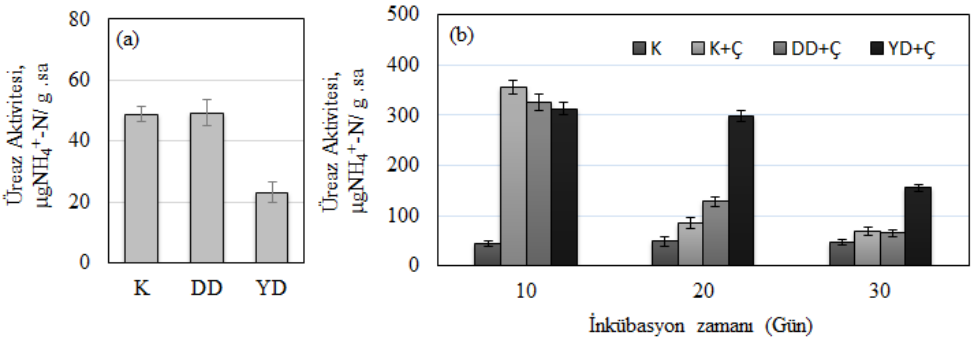
2.3. Laboratuvar Analizleri

Topraklardaki üreaz, alkali fosfataz ve dehidrogenaz enzim aktiviteleri Tabatabai (1982) tarafından açıklanan yöntemlere göre belirlenmiştir. Üreaz aktivitesinin belirlenmesi için toprak örnekleri toluen, THAM tampon çözeltisi (pH=9) ve üre çözeltisi ile 37 ºC'de 2 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından ürenin hidrolizi ile açığa çıkan amonyum azotu miktarı buhar destilasyonu ile belirlenmiştir. Sonuçlar µg NH^{+}_{4}-N/ gr kuru toprak. sa olarak hesaplanmıştır. Alkali fosfataz aktivitesinin belirlenmesi için toprak örneğine substrat olarak ρ-nitrofenil fosfat eklenmiş ve örnekler 37 ºC'de 1 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından toprak süspansiyonu süzülerek oluşan sarı renk yoğunluğu 410 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar µg PNP/ gr kuru toprak. sa olarak hesaplanmıştır. Topraklardaki dehidrogenaz aktivitesini belirlemek için substrat olarak TTC (2,3,5-trifenil tetrazolyum klorür) çözeltisi kullanılmıştır. 37ºC'de 24 saat inkübe edilen örneklerin TPF (trifenil formazan) içeriği oluşan kırmızı rengi 485 nm'de ölçmek suretiyle belirlenmiştir. Sonuçlar µg TPF/ gr kuru toprak. gün olarak hesaplanmıştır.

3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Topraktaki organik maddenin parçalanma ve ayrışmasında en önemli rolü enzimler oynamaktadır. Ayrıca toprak enzimleri, topraktaki mikrobiyal aktivite ile ilgili önemli bilgiler sunmakta ve çoğu durumda ekolojik değişikliklerin hassas indikatörleri olarak değerlendirilmektedir (Kravkaz Kuscu vd., 2018; Utobo ve Tewari, 2015).

Üreaz, üre'nin CO_2 ve NH_3'a hidrolizini, ara madde olarak karbamat oluşumuna dayanan bir reaksiyon mekanizmasıyla katalize eden enzimdir. Topraktaki üreaz aktivitesi toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mikrobiyal topluluğa bağlı olarak değişim göstermekte olup toprak kalitesindeki değişiklikleri değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Tabatabai, 1982). Fenolle kirletilmiş topraklardaki üreaz aktivitesi değerleri ile bu değerlerin çamur uygulamasına ve inkübasyon süresine bağlı değişimini gösteren sonuçlar Şekil 1'de sunulmuştur.



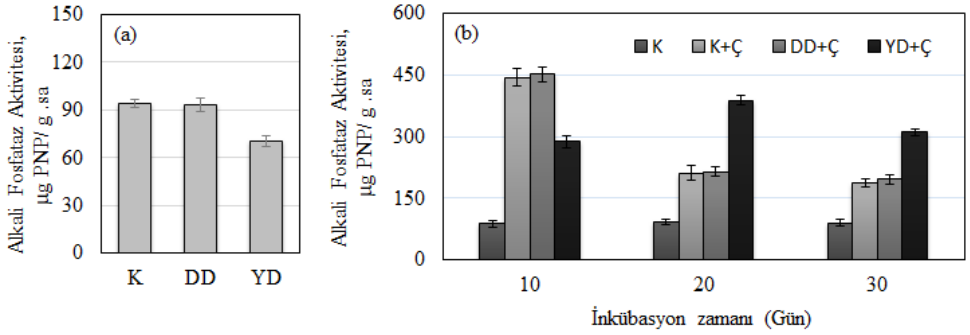
Şekil 1. (a) Fenolle kirlenmiş topraklardaki üreaz aktivitesi değerleri (b) 100 t/ha oranında arıtma çamuru uygulanan topraklardaki üreaz aktivitesinin zamana bağlı değişimi *(K:Kontrol, DD: Düşük doz -15 mg/kg- fenol uygulaması, YD: Yüksek doz -150 mg/kg- fenol uygulaması, Ç: 100t/ha oranında çamur uygulaması)*

Kontrol toprağının üreaz aktivitesi değeri 48,75 mg/g NH_4^+-N.sa olarak belirlenmiş olup, toprağa yapılan düşük dozda (15 mg/kg) fenol ilavesinin üreaz aktivitesi üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur (Şekil 1a). 150 mg/kg dozunda fenol ilavesi ise topraktaki üreaz aktivitesini belirgin şekilde inhibe etmiş ve aktivite değerleri %52 oranında bir azalma göstermiştir. Şekil 1b incelendiğinde kontrol topraklarındaki üreaz aktivitesinin inkübasyon süresine bağlı olarak belirgin bir değişim göstermediği görülmektedir. Kontrol toprağına ve fenolle kirletilmiş topraklara yapılan arıtma çamuru uygulaması aktivite değerlerini özellikle inkübasyonun ilk günlerinde önemli derecede arttırmıştır. İnkübasyonun 10. gün değerleri incelendiğinde arıtma çamuru uygulamasının kontrol ve fenolle kirletilmiş topraklardaki üreaz aktivitesi değerlerini benzer şekilde arttırdığı görülmektedir. Aktivite değerlerinin inkübasyon süresine bağlı değişim trendi incelendiğinde genel olarak bir azalma eğiliminin bulunduğu görülmektedir. İnkübasyonun 20. ve 30. günlerindeki sonuçlar incelendi-

ğinde ise yüksek doz (150 mg/kg) fenolle kirletilmiş ve çamur uygulanmış topraklardaki üreaz aktivitesi değerlerinin diğer topraklarda belirlenen değerlerden belirgin şekilde yüksek olduğu dikkati çekmektedir. 150 mg/kg seviyesindeki fenol kirliliği üreaz aktivitesini uygulamanın ilk günlerinde inhibe etmiş olmakla birlikte çamur uygulaması ile bu inhibisyon etkisinin tamamen ortadan kalktığı hatta toprağa eklenen fenolün üreaz aktivitesini arttırıcı yönde etkide bulunduğu izlenimi edinilmiştir. Elde edilen sonuçlar toprağa ilave edilen organik maddece zengin arıtma çamurlarındaki yüksek mikrobiyal biyomasın ve yüksek seviyelerdeki sübstratın enzim sentezini aktive ettiğini göstermektedir. Pascual vd. (1998) tarafından yürütülen bir çalışmada çeşitli organik atıkların topraktaki enzim aktiviteleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve toprağa eklenen organik materyallerin üreaz aktivitesini kontrole kıyasla önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir. Sözkonusu çalışmada organik uygulamalar içerisinde özellikle arıtma çamuru uygulaması kapsamında belirlenen üreaz aktivitesi değerlerinin daha yüksek bulunduğu vurgulanmıştır. Ayrıca topraktaki organik madde içeriğinin bir göstergesi olan organik karbon ve toplam azot parametrelerinin üreaz aktivitesi değerleriyle pozitif korelasyon gösterdiği yapılan pek çok çalışmada vurgulanmıştır (Frankenberger ve Dick, 1983; Küçük ve Cevheri, 2018).

Fosfor (P) enerji taşınımı, hücresel yapılar ve nükleik asitler için temel bir element olup yaşam için mutlak gereklidir. Organizmalar yalnızca çözünmüş fosfatı özümseyebilmekte ve bu nedenle fosfataz aktivitesi, fosforun toprak organik maddesinden yarayışlı formlara dönüştürülmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Caldwell, 2005). Topraktaki fosfatazlar, toprak pH'ı, toprak yapısı, organik madde ve nutrient içeriği gibi pek çok faktörden etkilenmekte olup, topraktaki çeşitli kirleticilere verdiği yanıt, toprak kirliliğin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Borowik vd., 2017; Szostek vd., 2015). Fenolle kirletilmiş topraklardaki alkali fosfataz aktivitesi değerleri ile bu değerlerin çamur uygulamasına ve inkübasyon süresine bağlı değişimini gösteren sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2a'da görüldüğü üzere toprağa düşük dozda (15 mg/kg) eklenen fenol topraktaki alkali fosfataz aktivitesini etkilememiştir. Diğer taraftan 150 mg/kg dozunda ilave edilen fenol toprakta yaklaşık 94 □g PNP/g.sa seviyesinde olan alkali fosfataz aktivitesini kirlenmenin ardından 70 □g PNP/g.sa seviyesine düşürmüştür. Şekil 2b'de verilen değerler incelendiğinde herhangi bir kirlenmenin olmadığı ve çamur uygulamasının yapılmadığı kontrol topraklarında alkali fosfataz aktivitesinin 1 aylık inkübasyon dönemi boyunca önemli bir değişime uğramadığı görülmektedir. Aktivite değeri inkübasyon süresince yaklaşık 90 □g PNP/g.sa seviyelerinde kalmıştır. Diğer taraftan kontrol toprağına yapılan arıtma çamuru uygulaması topraktaki aktivite değerini belirgin şekilde arttırmıştır. En yüksek alkali fosfataz aktivitesi değeri inkübasyonun 10. gününde belirlenmiş olup (444 □g PNP/g.sa) sonrasında substrattaki azalmaya bağlı

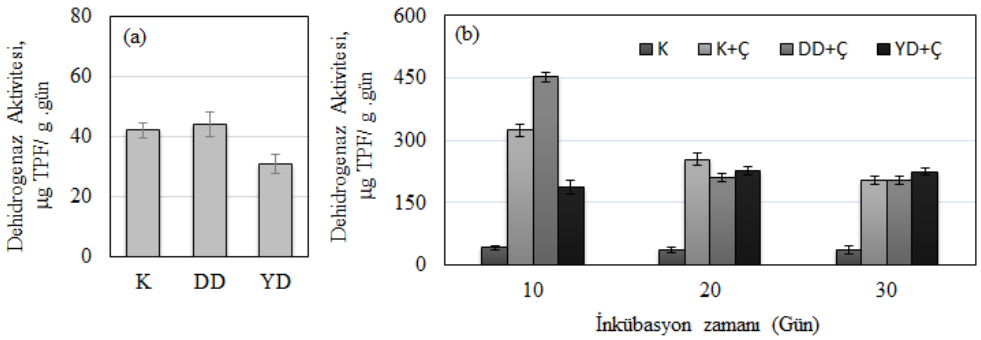
olarak zamana bağlı düşme eğilimi görülmüştür. Şekil 2b'de görüldüğü gibi düşük doz fenolle kirletilmiş topraklardaki değişimler de çamur uygulanmış kontrol toprağındaki değişimlerle benzerlik göstermektedir. Diğer yandan yüksek dozda fenol uygulanmış toprakların çamur uygulamasına verdiği tepkinin daha farklı olduğu dikkati çekmektedir. Bu topraklardaki alkali fosfataz aktivitesi değeri arıtma çamuru uygulaması ile inkübasyonun 10. gününde 288 □g PNP/g.sa seviyesine çıkartmış, aktivite değerindeki artış inkübasyonun bu noktasından sonra da devam etmiştir. İnkübasyonun 20. günündeki alkali fosfataz aktivitesi değeri yaklaşık 390 □g PNP/g.sa olarak tespit edilmiştir. İnkübasyonun sonunda bu topraktaki alkali fosfataz aktivitesi değeri düşme eğilimi göstermiş olmakla beraber, çamur uygulanmış diğer topraklardakine nazaran daha yüksek bir seviyede kalması dikkati çekmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda yüksek doz fenol uygulamasının çamurun yarattığı stimülasyon etkisini ortadan kaldırmadığı ancak bir gecikme etkisi yarattığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 2. (a) Fenolle kirlenmiş topraklardaki alkali fosfataz aktivitesi değerleri (b) 100 t/ha oranında arıtma çamuru uygulanan topraklardaki alkali fosfataz aktivitesinin zamana bağlı değişimi *(K:Kontrol, DD: Düşük doz -15 mg/kg- fenol uygulaması, YD: Yüksek doz -150 mg/kg- fenol uygulaması, Ç: 100t/ha oranında çamur uygulaması)*

Toprak dehidrogenazları oksidoredüktaz enzim sınıfının ana temsilcileridir ve tüm canlı mikrobiyal hücrelerde hücre içi olarak bulunduklarından topraktaki mikrobiyal aktivitenin genel bir göstergesi olarak değerlendirilmektedirler. Dehidrogenaz aktivitesi, mikrobiyolojik redoks sistemlerinin iyi bir göstergesi olup topraktaki mikrobiyal oksidatif aktivitelerin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametredir. Ayrıca, bu parametre pestisitler, ağır metaller veya diğer kirleticilerin neden olduğu

toprak kirliliği problemlerinin ve yanlış toprak yönetimi uygulamalarının değerlendirilmesinde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Gu vd., 2009; Salazar vd., 2011). Fenolle kirletilmiş topraklardaki dehidrogenaz aktivitesi değerleri ile bu değerlerin çamur uygulamasına ve inkübasyon süresine bağlı değişimini gösteren sonuçlar Şekil 3'te görülmektedir. Kirlenmenin hemen ardından belirlenen dehidrogenaz aktivitesi değerleri incelendiğinde (Şekil 3a) kontrol toprağı ile düşük doz fenol uygulanmış topraklardaki dehidrogenaz aktivitesi değerlerinin benzer olduğu, 150 mg/kg dozunda fenol uygulanan topraklardaki aktivite değerlerinin ise belirgin düzeyde düşük olduğu görülmektedir. Yüksek doz fenol uygulaması topraktaki dehidrogenaz aktivitesini kirlenmenin başlangıç anında % 25 oranında inhibe etmiştir. Topraklardaki dehidrogenaz aktivitesinin arıtma çamuru uygulamasına ve inkübasyon zamanına bağlı değişimini gösteren Şekil 3b incelendiğinde, arıtma çamuru uygulamasının topraklardaki dehidrogenaz aktivitesini önemli düzeyde stimüle ettiği görülmektedir. Yüksek doz fenol ile arıtma çamuru uygulanmış topraklardaki dehidrogenaz aktivitesi değeri inkübasyonun 10. gününde çamur uygulanmış diğer topraklardaki değerlerden düşük olmakla beraber, sonraki dönemlerde seviyeler benzer bulunmuştur. 30 günlük inkübasyonun ardından kontrol toprağındaki dehidrogenaz seviyesi yaklaşık 35 □g TPF/g.gün iken arıtma çamuru uygulanmış topraklarda bu değer 203-225 □g TPF/g.gün seviyelerinde tespit edilmiştir.



Şekil 3 (a) Fenolle kirlenmiş topraklardaki dehidrogenaz aktivitesi değerleri (b) 100 t/ha oranında arıtma çamuru uygulanan topraklardaki dehidrogenaz aktivitesinin zamana bağlı değişimi *(K:Kontrol, DD: Düşük doz -15 mg/kg- fenol uygulaması, YD: Yüksek doz -150 mg/kg- fenol uygulaması, Ç: 100t/ha oranında çamur uygulaması)*

4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Yürütülen çalışma sonucunda, 15 mg/kg konsantrasyonundaki fenol uygulamasının topraktaki enzim aktiviteleri üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu görülmüştür. 150 mg/kg konsantrasyonundaki fenol kirliliği ise toprakta belirlenen üreaz , alkali fosfataz ve dehidrogenaz enzim aktivitelerini % 25 ila 52 oranında inhibe etmiştir. Fenol içeren topraklara ve kontrol toprağına uygulanan arıtma çamurları topraklardaki enzim aktivitesi değerlerini belirgin şekilde yükseltmiştir. Yüksek doz fenol uygulamasının enzim aktiviteleri üzerinde yarattığı olumsuz etkinin atıksu çamuru uygulamasıyla büyük ölçüde giderildiği izlenimi edinilmiştir.

KAYNAKLAR

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). (1989). Toxicological profile for phenol. U.S. Department of Health and Human Services, U.S. Public Health Service, Atlanta, GA.

ADEWUMI, JR. and AJIBADE, F.O. (2015). "The Pollution Effects of Indiscriminate Disposal of Wastewater on Soil in Semi-Urban Area", J. Appl. Sci. Environ. Manage., 19 (3): 412-419.

CALDWELL, BA. (2005). "Enzyme Activities As a Component of Soil Biodiversity: A Review", Pedobiologia (Jena), 49: 637–644.

BOROWIK, A., WYSZKOWSKA, J., KUCHARSKI, J. MACMAGA, M and TOMKIEL, M. (2017)."Response of microorganisms and enzymes to soil contamination with a mixture of terbuthylazine, mesotrione, and S-metolachlor", Environ. Sci. Pollut. Res., 24: 1910-1925.

KNEZOVICH, J.P., HIRABAYASHI, J.M., BISHOP, D.J. and HARRISON, F.L. (1988). "The Influence of Different Soil Types on the Fate of Phenol and Its Biodegradation Products", Chemosphere, 17: 2199–2206.

AL-JABOOBI, M., TIJANE, M., EL-ARIQI, S., EL-HOUSNI, A., ZOUAHRI, A. and BOUKSAIM, M. (2014). "Assessment of the Impact of Wastewater Use on Soil Properties", Journal of Materials and Environmental Science, 5 (3): 747-752.

KAHRU, A., MALOVERJAN, A., SILLAK, H. and PÕLLUMAA, L. (2002). "The Toxicity and Fate of Phenolic Pollutants in the Contaminated Soils Associated with the Oil-Shale Industry", Environ. Sci. Pollut. Res. Int., 1: 27-33.

MIN, K., FREEMAN, C., KANG, H. and CHOI, S.U. (2015). "The Regulation by Phenolic Compounds of Soil Organic Matter Dynamics under a Changing Environment", BioMed Research International, Article ID 825098.

SĄDEJ W., ŻOŁNOWSKIA.C. and MARCZUK, O. (2016). "Content of Phenolic Compounds in Soils Originating From Two Long-Term Fertilization Experiments", Archives of Environmental Protection, 42 (4): 104-113.

HOWARD, P.H. (1989). Handbook of Environmental Fate and Exposure Data for Organic Chemicals, Vol. 1. Lewis Publishers, Chelsea, MI.

KADI, N. and BENRACHEDI, K. (2018). "Migration and Retention of Phenol in Three Natural Soils and Effect of Solvent", Applied Ecology and Environmental Research, 16 (4): 4531-4540.

ROTHMAN, N., BECHTOLD, W.E., YIN, S.N., DOSEMECI, M., LI, G.L., WANG, Y.Z., GRIFFITH, W.C., SMITH, M.T. and HAYES, R.B. (1998). "Urinary Excretion of Phenol, Catechol, Hydroquinone, and Muconic Acid by Workers Occupationally Exposed To Benzene", Occup. Environ. Med., 55:705–711.

ANONİM, (1996). Canadian Soil Quality Guidelines for Phenol: Human Health. Final Report. Environmental Health Directorate, Air and Waste Section, Ottawa.

UTOBO, E.B. and TEWARI, L. (2015). "Soil Enzymes As Bioindicators of Soil Ecosystem Status", Applied Ecology and Environmental Research, 13(1): 147-169.

GAO, P., FENG, Y. J., ZHANG, Z. H., LİU, J. F. and REN, N. Q. (2012)."Effect of Heavy Metals and Surfactants on the Adsorption of Phenolic Compounds on Sediment", Int. J. Environ. Sci. Technol., 9:671-682.

AMIRI, F., RAHMAN, M.M., BORNICK, H., and WORCH, E. (2004). "Sorption Behaviour of Phenols on Natural Sandy Aquifer Material During Flow-Through Column Experiments: The Effect of pH", Acta Hydroch. Hydrob. 32(3): 214-224.

HANCOCK, P. and. DEAN J.R . (1997). "Extraction and Fate of Phenols in Soil", Analytical Communications, 34: 377–379.

NEUFELD, R.D., HILL, A. and ADEKOYA, D. (1980). "Phenol and Free-Ammonia Inhibition to Nitrosomonas Activity", Water Res. 14: 1695-1703.

WHO (World Health Organization). (1994). Phenol. Environmental Health Criteria 161. Geneva.

TABATABAI, M.A., (1982). Soil Enzymes. In: Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties (Page A L, Miller R H, Keeney D R, eds.). ASA and SSSA, Madison, WI.

FRANKENBERGER, W.T. and DICK, W.A. (1983). "Relationships Between Enzyme Activities and Microbial Growth and Activity Indices in Soil", Soil Sci. Soc. Am. J., 47: 945-951.

KÜÇÜK, C. ve CEVHERİ, C. (2018). " Şanlıurfa'da Mısır Tarımı Yapılan Tarlalardan Alınan Toprak Örneklerinde Bazı Mikrobiyal Özellikler", Aksaray University Journal of Science and Engineering, 2(1): 28-40.

KRAVKAZ KUSCU, İ.S., CETİN,M., YİGİT , N., SAVACİ, G. and SEVİK, H. (2018). "Relationship Between Enzyme Activity (Urease-Catalase) and Nutrient Element in Soil Use", Pol. J. Environ. Stud., 27 (5): 2107-2112.

PASCUAL, J. A., HERNANDEZ, T., GARCIA, C. and AYUSO, M. (1998). "Enzymatic Activities in an Arid Soil Amended with Urban Organic Wastes: Laboratory Experiment", Bioresource Technology, 64: 131-138.

SZOSTEK, R., CIECKO, Z., WALCZAK, M. and SWIONTEK-BRZEZINSKA, M. (2015). "Microbiological and Enzymatic Activity of Soil After Pollution with Fluorine", Pol. J. Environ. Stud., 24 (6): 2641-2646.

GU, Y.,WAG, P. and .KONG, C. (2009). "Urease, Invertase, Dehydrogenase and Polyphenoloxidase Activities In Paddy Soils Influenced by Allelophatic Rice variety", European Journal of Soil Biology, 45: 436-441.

SALAZAR, S., SANCHEZ, L., ALVAREZ, J., VALVERDE, A., GALİNDO, P., IGUAL, J., PEİX, A. and SANTA-REGİNA, I. (2011). "Correlation Among Soil Enzyme Activities Under Different Forest System Management Practices", Ecological Engineering, 37: 1123-1131.

İŞYERİ AFET VE ACİL DURUM PLANLARININ ÖNEMİ VE YÖNETİMİ

Y.L. Öğrencisi Murat Can DURUEL
Sakarya Üniversitesi

Doç.Dr. Ahmet ÇELEBİ
Sakarya Üniversitesi

ÖZET: Çeşitli şekilleriyle vuku bulan afetler yeryüzünün kaçınılmaz gerçekleridir. Bu manada afetlerle birlikte yaşamayı tüm detayları ile benimsememiz ve hazırlıklarımızın eksiksiz olması kaçınılmaz olarak gerekmektedir. Planlama ve en iyi yönetim şekli hayati önem taşımaktadır. Afetlerin öncesinde, anında ve sonrasındaki süreçleri yerleşim yerleri üzerinden ele aldığımız gibi benzer yaklaşımı işyerleri nezdinde de ele almak gerekmektedir. Bu konudaki çalışmalara halen büyük oranda ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaca binaen çalışmamızda afetin boyutları, çeşitleri, planlamaları ve iş sahasının potansiyel riskleri yönetimsel bağlamda ele alınmıştır. Dünyadaki bazı uygulamalar, risk değerlendirmeleri, yönetimsel yaklaşımlar ve süreçlerin önemi vurgulanmıştır. İlk etapta işyeri afet ve acil durumu planlarının ülkemizdeki durumu, hassas noktaları, ilgili kuruluşlar olan Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı ile Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı nezdindeki yönetimsel durumu ortaya konulmuştur. Bu çalışmaların tüm afet çeşitlerine göre işyeri şartları için tam bir plan halinde yönetilmesi ve geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Afet yönetimi, planlama, işyeri, acil durum planı

Importance and Management of Workplace Disaster and Emergency Plans

ABSTRACT: Disasters that take place in various ways are the inevitable realities of the earth. In this sense, it is inevitable that we should adopt all the details of living together with disasters and that our preparations are complete. Planning and best management are vital. It is necessary to consider the similar approach in the workplaces as well as we consider the processes before, during and after the disasters through the settlements. There is still a great need for studies on this subject. Due to this need, the dimensions, types, planning of disasters and potential risks of the work area are handled in the administrative context. Some practices in the world, risk assessments, managerial approaches and the importance of processes are emphasized. In the first stage, the situation of the workplace disaster and emergency plans in our country, its sensitive points, the administrative status of the Ministry of Family,

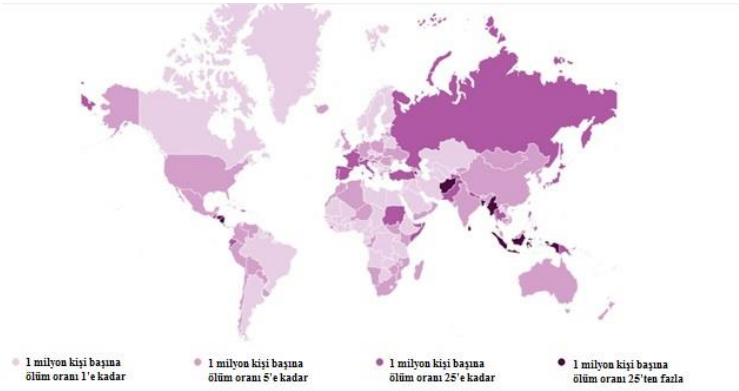
Labor and Social Services, and the Disaster and Emergency Management Presidency are presented. It is emphasized that these studies should be managed and developed as a complete plan for workplace conditions according to all types of disasters.

Key words: Disaster management, planning, workplace, emergency plan

1. GİRİŞ

1.1 Afetin Çeşitleri

Çoğu zaman yerel imkânlarla baş edilebilen, büyük ve ivedilik gerektiren tüm durumlar acil durum olarak tanımlanmaktadır. Afet ise tüm toplumda veya toplumun bir kesiminde fiziksel, sosyal ve ekonomik kayıplara sebep olan, normal yaşantıyı durduran veya kesintiye uğratan, söz konusu kesimin baş etme yeterliliğini aşan doğa veya insan kaynaklı olay olarak tanımlanmaktadır (AFAD, 2014). Doğal afetler, kelime anlamında olduğu gibi normal, gündelik, kabul edilebilir anlamlarına karşılık gelmez. Doğa ile ilgili olan afetler olarak anlaşılması ve kullanılması gerekmektedir. Bugüne kadar milyonlarca insanın ölümüne sebep olan doğal afetlerin sayısı ve şiddeti giderek artmaktadır. Yaygın olarak görülen doğal afetlerden bazıları çamur akıntıları, deprem, çığ, sel, fırtına, hortum, kuraklık, orman yangınları, tsunami, yıldırım, çölleşme, kaya düşmesi, salgın ve bulaşıcı hastalıklar olarak sayılabilir (Kadıoğlu, 2011). 1988-2018 yılları arasında oluşan afetler, can kaybı dikkate alınarak incelendiğinde, Türkiye' de bir milyon kişi başına yılda ortalama 6-25 kişinin doğal afetler nedeniyle hayatını kaybettiği görülmektedir (Munich RE, 2019).



Şekil 1. 1988-2018 Yılları Arasında Olan Doğal Afetlerde Yıllık Ölüm Oranı İndeksi.

İnsan kaynaklı afetler ise oluşumu insana bağlı, çoğunlukla dikkatsizlik ve tedbirsizlik nedeniyle meydana gelen olaylar ve bunların meydana getirdiği sonuçlardır. İnsan kaynaklı afetlerden örnek vermek gerekirse toplumsal olaylar, baraj yıkılmaları, tesis patlamaları, küresel iklim değişikliği, Kimyasal Biyolojik Radyolojik ve Nükleer (KBRN) olaylar sayılabilir (Kadıoğlu, 2011).

1.2. İşyerlerinin Afet Karşısındaki Riskleri

Ülkemizde birçok yerleşim, başta deprem olmak üzere afetlerden kaynaklı olmak üzere büyük tehlike altındadır. Doğal ve insan kaynaklı afetlerin neticesinde can ve mal kaybının yanı sıra yaşam alanlarının, alt ve üst yapıların büyük hasarlar görebileceği akıllardan çıkartılmamalıdır. Kamu kurumları, özel firma ve işyerleri, sanayi tesisleri, fabrikalar, organize sanayi bölgeleri ve benzeri yerlerde çalışanlar ile yakın çevrelerinde yaşayanlar da risk altındadırlar. Toplumun bütün kesimleri gibi işyerleri de, tesislerinin bulundukları bölgeyi etkileyebilecek afetlere karşı gerekli tedbirleri almakla yükümlüdür. İhmal durumunda büyük can kayıpları ve maddi zararlar kaçınılmaz olacaktır. İşyerleri bulundukları bölgede oluşabilecek tüm afet ve acil durumlara karşı tüm önlemleri almış olmalıdır. Oluşabilecek kayıp ve zararın en aza indirilebilmesi için de, planlar hazırlanmalı ve bunlar doğru bir şekilde uygulanmalıdır (AFAD, 2019a).

Afet ve acil durumlara hazırlıklı işyerleri oluşturmanın öncelikli yolu, risklerin belirlenmesinden geçer. İşyerine ait açık ve kapalı sahaları etkileyebilecek afetler ve mümkünse etki dereceleri belirlenmelidir. Göz önünde bulundurulması gereken afetler Tablo 1' de belirtilmiştir.

Tablo 1. İşyerleri İçin Potansiyel Afet Riskleri.

DOĞAL AFETLER	İNSAN KAYNAKLI AFETLER	TEKNOLOJİK AFETLER
• Atmosferik (fırtına, don, kuraklık vb.) • Hidrolojik (sel, çığ buzulların erimesi vb.) • Jeolojik (deprem, toprak kayması, yanardağ patlaması vb.) • Biyolojik (salgın, canlı türlerinin yok olması vb.)	• Yangın • Savaş • Kazalar (trafik kazaları, uçak düşmesi, deniz kazaları vb.) • Patlamalar	• Yangın • Patlama • Zehirli maddelerin sızması • Kirlilik

Afetlerin yanı sıra;

• Gaz kaçağı, yıldırım düşmesi, sabotaj, iş kazaları, iletişim ve haberleşme sorunları, tehlikeli ve kimyasal maddeler, bunlardan kaynaklanan sızıntı ve kirlenmeler, kazan patlaması gibi tehlike ve riskler mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

• Her oda/salon/bölüm/depo/atölye için en güvenli ve riskli yerler belirlenmelidir. Belirlenen bu yerler, işyeri krokisi üzerinde işaretlenmeli ve herkesin görebileceği şekilde asılmalıdır.

• Belirlenen güvenli ve riskli yerlere göre bu yerlerden ve sonrada binadan alternatif çıkış yolları belirlenmelidir.

• İşyerinin kat ve vaziyet planları hazırlanmalı ve görülebilir bir yere asılmalı, açık ve kapalı alanlar için müdahale planları yapılmalı, eğitimler planlanmalı ve mutlaka tüm personele verilmelidir.

• Isıtma, havalandırma vb. sistemlerin kontrolleri düzenli yapılmalı ve afet anında nasıl kapanacağı ilgili herkese öğretilmelidir.

• Afet sonrası çalışanların evlerine gidememe durumları düşünülerek, alternatif ulaşım imkânları ile ilgili gerekli tedbirler alınmalıdır.

• Çalışanlarla beraber düşünerek, yeterli miktarda temel ihtiyaç malzemesi bulunduğundan, bunların sağlıklı bir şekilde depolanıp, saklandığından emin olunmalıdır.

• Afet ve acil durum sonrası ihtiyaç duyulabilecek malzemeler belirlenmeli, depolama imkânı ve gerekliliği olanlar uygun şekilde depolanmalı, depolanamayanların nasıl temin edileceği planlanmalıdır.

• Belirlenen riskleri azaltıcı veya ortadan kaldırıcı zarar azaltma önlemleri alınmalı veya gerekli müdahale ekipleri hazır tutulmalıdır.

• Afet sonrası yapılması gereken işler için ekipler oluşturulmalı ve bunların eğitimleri düzenli olarak verilmelidir.

• Yılda en az bir kere olmak üzere, mümkünse daha fazla sayıda tüm personelin katıldığı tatbikatlar düzenlenmelidir. Her tatbikatın senaryosu farklı ve mümkün olduğu kadar detaylı olmalıdır. Tatbikatlarda, herkesin görevini tam olarak yapıp yapmadığı ciddi bir şekilde gözlenmeli, tespit edilen eksiklerin giderilmesi için gerekirse eğitimler yinelenmelidir (AFAD, 2019b).

1.3 Planlamaların Önemi

Afet Yönetimi, risk ve zararların azaltılması, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarından oluşmaktadır. Hazırlık çalışmaları ise; erken uyarı sistemleri kurmak, yönetim politikalarını belirlemek, kaynak sağlamak, planları hazırlamak ve eğitim-tatbikatları düzenli olarak uygulamak olarak özetlenebilir. Anahtar ise iyi organize edilmiş bir planın mevcudiyetidir. Acil bir durum meydana geldiğinde, o an için etkin bir çözüm bulmak çok zor olacaktır. Bu sebeple hangi durum için kimin, ne yapması gerektiğini önceden bilmesi önemlidir. Aynı zamanda son yıllarda yaşanan maddi ve manevi kayıplar da her işyeri için iyi bir planın zorunluluğunu ortaya koymuştur (Kadıoğlu, 2011).

17 Ağustos 1999'da meydana gelen 7,4 büyüklüğündeki deprem 17 binin üzerinde ölümle ve 40 binin üzerinde yaralanmayla sonuçlanmıştır. Kocaeli' deki 350'den fazla sanayi tesisi, yerleşkelerinin zarar gördüğünü raporlamıştır. Deprem, birçok endüstriyel tesiste büyük yangınları, tehlikeli maddelerin havaya yayılımını ve petrol sızıntılarını tetiklemiştir. İzmit Körfezine 50 ton ham petrol yayılımı, 1200 ton kriyojenik oksijen yayılımı ve 100 ton fosforik asitin dökülmesi rapor edilen durumlardan bazılarıdır (EC, 2004). Dünyada meydana gelen olaylar ve yaşadığımız bu felaketin sonuçları, işyerlerinde afet ve acil durum yönetiminin önemini ortaya koymaktadır. Yönetimin temelini ise hazırlanacak olan işyeri afet ve acil durum planı oluşturacaktır.

İşyerlerinde meydana gelebilecek acil durumlarda yapılacak iş ve işlemler dâhil bilgilerin ve uygulamaya yönelik eylemlerin yer aldığı plan, acil durum planıdır (ÇSGB, 2013). Acil durum planı; büyük çaplı kaza ve yaralanmaları önlemek, işyeri ve çevresindeki binalar ile donanımlarda oluşabilecek zararı azaltmak, toplum ve çevreyi acil durumların etkilerinden korumak ve acil durumların işyerlerine verdiği maddi ve manevi zararı en az hasarla atlatarak normal çalışma düzenine en hızlı şekilde geçişini sağlamak için gereklidir. Herhangi bir acil durum meydana gelmeden önce yapılacak bu planlamayla gereken tedbirler belirlenir. Gerektiğinde uygulama kolaylığı sağlanarak maddi ve manevi en az hasarla atlatılabilir (ÇSGB, 2017).

1.4 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, işyerlerinde hazırlanan afet ve acil durum planlarıyla ilgili mevcut anlayışı geliştirmektir. Multidisipliner bir yaklaşım gerektiren afet ve acil durum yönetimi konusunda tecrübe sahibi ülkelerin ve uluslararası kuruluşların; planların oluşturulması ve uygulanması hususlarında hangi mevzuat ve rehberleri yayınladıkları araştırılmaktadır. Bulunan kaynaklar ile ulusal mevzuat ve rehberlerimiz irdelendiğinde aralarındaki farklılıkların ve ülkemizde afet ve acil durum planlarının geliştirilmesi için yapılması gerekenlerin neler olduğu sorusuna yanıt aranmaktadır.

2. AFET PLANLARI

2.1 Dünyadaki Uygulamalar

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Federal Acil Durum Yönetim Kurumu (FEMA)' nun oluşturduğu "İş ve Endüstri İçin Acil Durum Yönetim Rehberi" ne göre Acil durum planı 4 adımda gerçekleştirilmektedir. Planlama takımının oluşturulması, kapasite ve tehlike analizi, plan geliştirme ve planı uygulama aşamaları ortaya koyulmaktadır. Kapasite ve tehlike analizi adımında, plan için tahliye, yangından korunma, sağlık ve güvenlik programı, çevresel politikalar, güvenlik prosedürleri, sigorta bilgileri, finans ve ödeme prosedürleri, çalışan el kitabı, tehlikeli madde bilgileri, risk yönetimi ve süreç güvenliği değerlendirmesi bulunup bulunmadığının incelenmesi gerektiği belirtilmektedir. İşyerinin iç dinamiklerine olduğu kadar, dışarıdan sağlanabilecek yardıma da önem verilmektedir. İtfaiye, yerel acil durum yönetim ofisi, hastaneler, emniyet teşkilatı, araçlar, yükleniciler, acil durum ekipmanı sağlayan firmalar ve sigorta şirketleri ile görüşmeler sağlanması ve gerekli ise anlaşmalar yapılması önerilmektedir. Ardından tesisin incinirliğinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirmede tarihsel, jeolojik, teknolojik, insan kaynaklı, fiziksel ve yapılan düzenlemelere ilişkin hususlar araştırılmalıdır. Belirlenen acil durumlar Tablo 2'de bulunan çizelgeye göre basit bir şekilde değerlendirilebilir (FEMA, 1993).

Tablo 2. Maruziyet Analiz Tablosu.

ACİL DURUM TÜRÜ	Olasılık	İnsan Etkisi	Yapı Etkisi	İş Etkisi	İç Kaynaklar	Dış Kaynaklar	Toplam
	Yüksek ⟷ Düşük 5 ⟷ 1	Yüksek ⟷ Düşük 5 ⟷ 1			Zayıf ⟷ Güçlü 5 ⟷ 1		

Planın geliştirilmesi aşamasında işyeri acil durum yönetiminin temel unsurları kısaca açıklanmalıdır. Bu unsurlar ise yönlendirme ve kontrol, iletişim, can güvenliği, mülkiyet koruması, topluluk desteği, kurtarma ve restorasyon, idare ve lojistik olarak sıralanmıştır. Acil müdahale prosedürleri ve destek dokümanlar düzenlenir. İşyeri yerleşim planı, acil durum çağrı listeleri ve kaynak listeleri bu dokümanlar arasındadır. Planın yazım işlemi gerçekleştirilir ve ardından uygulama aşamasına geçilir. Uygulama, acil durumlarda planın basit bir şekilde gerçekleştirilmesinden daha fazlasıdır. Uygulama, maruziyet analizi sırasında yapılan önerilerin gerçekleştirilmesi, planın şirket operasyonlarına entegre edilmesi, çalışanların eğitilmesi ve planın değerlendirilmesi anlamına gelmektedir (FEMA, 1993).

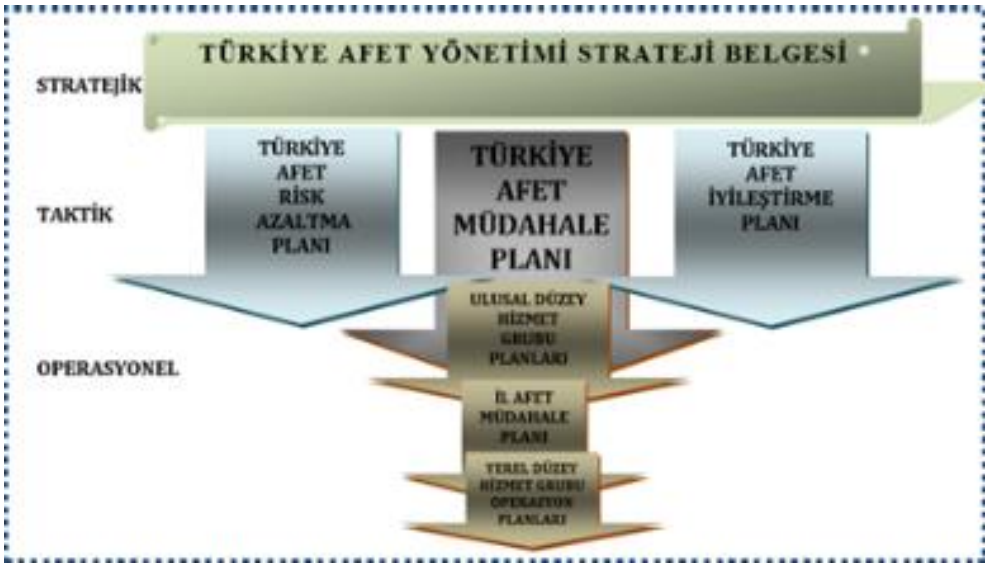
ABD İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (OSHA)' ne göre, işyerlerinde karşılaşılabilecek bazı acil durumlar; sel, kasırga, yangın, zehirli gaz salınımı, kimyasal serpinti, radyolojik kaza, patlama, toplumsal huzursuzluk ve işyeri şiddeti olarak sıralanmıştır. Bu ve benzeri işyeri acil durumlarından korunmanın en iyi yolunun, durum gerçekleşmeden önce hazırlanmak olduğu vurgulanmıştır. Hazırlığın temeli de acil durum planıdır. Acil durumu bildirme yöntemini, bir tahliye prosedürünü, sığınak ve güvenli alanları, kat planlarını, sorumlu ve yardımcı olacak numaraları, sistemlerin kapatılması ve doğru yönlendirilmesi için gerekenleri belirten prosedürleri, görevli çalışanları ve ilkyardımcıları içeren bir planın oluşturulmasının gerekliliği ortaya konulmuştur (US, 2019).

Birleşik Krallık Sağlık ve Güvenlik Yönetimi (HSE), insanlara veya çevreye ciddi zararlar verebilecek bir kazanın oluşabileceği tüm durumlarda uygun planlama yapmış olmanın, kötü sonuçları en aza indirmeyi sağlayacağını bildirmektedir. Acil durum planının, her aşamada hem acil ihtiyaçları, hem de uzun vadede iyileşme için gereken müdahaleyi ele alması gerektiğini belirtmektedir. Önleme stratejisinin 3 temel bölümü bulunmaktadır ve bunlar; tanımlama, önleme-kontrol ve azaltma aşamalarıdır. Yapılan düzenlemeler ile sahada bulunanlar (on-site) ve yerel otoriteler (off-site) için ayrı ayrı acil durum planı oluşturulmaktadır. Hazırlanacak iki acil durum planı da nasıl bir araya geldiklerini detaylandırmalı, planlar, düzenlendiği kuruluşun özel ihtiyaçlarına dayandırılmalı, öngörülen büyük kazaların tümünü içermelidir. On-site ve Off-site planların belirli kısımları, alt planlar olarak ayrıca düzenlenebilir. Acil durum planları, yaşayan dokümanlar olarak görülmektedir. Gerektiğinde güncellenmeli ve beklenmeden uygulanmalıdır (UK, 1999).

2.2 Planların Paydaşları, Basamakları ve Süreçleri

Türkiye' de afet yönetimi ile ilgili plan türleri Şekil 2' de gösterilmiştir. Afet

Yönetiminin her aşaması için belirlenen bu planlardan Türkiye Afet Yönetimi Strateji Belgesi, her türlü afet ve acil durum ile afet yönetiminin tüm süreçlerini kapsamaktadır. Belgede, tüm kamu kurum ve kuruluşları, akademik kuruluşlar, özel sektör, sivil toplum kuruluşları, medya, aile ve bireye kadar uzanan tüm toplum ile uluslararası kuruluşlar, afet yönetiminin paydaşları olarak ele alınmaktadır (AFAD, 2019c). Diğer bir belge olan Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)' na göre, olay gerçekleştiğinde, afetin türüne ve belirlenecek olan müdahale seviyesine göre paydaş olarak görev alacak hizmet grupları değişmektedir. Ulusal düzeyde müdahale yönetimi için Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi' ne bağlı olarak operasyon servisi, lojistik ve bakım servisi, bilgi ve planlama servisi ile finans ve idari işler servisi organize edilmiştir. Bu servisler altında görev alan hizmet gruplarının kimler olduğu, hangi durumlarda ne şekilde görev alacakları ayrıntılı olarak belirtilmiştir (AFAD, 2013).



Şekil 2. Plan Türleri.

İşyeri afet ve acil durum planları İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik kapsamında hazırlanmaktadır. Söz konusu mevzuat ile işyeri afet ve acil durum planlarının hazırlanması yükümlülüğü işverene aittir. Bu yükümlülük kapsamında; muhtemel acil durumlar belirlenir, acil durumların olumsuz etkilerini önleyici ve sınırlandırıcı tedbirler alınır, acil durumların olumsuz etkilerinden korunmak üzere gerekli ölçüm ve değerlendirmeler yapılır,

acil durum planı hazırlanır ve tatbikatların yapılmasını sağlanır. Mevzuat plan hazırlık sürecini; acil durumların belirlenmesi, bunların olumsuz etkilerin önleyici ve sınırlandırıcı tedbirlerin alınması, görevlendirilecek kişilerin belirlenmesi, acil durum müdahale ve tahliye yöntemlerinin oluşturulması, dokümantasyon, tatbikat ve acil durum planının yenilenmesi aşamaları olarak belirtmiştir. Ayrıca planların hazırlanmasında önderlik etmesi için daha kapsamlı rehberlerin hazırlanarak yayınlanması da konu edilmiştir (ÇSGB, 2013).

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı' nın "Acil Durum Planı Hazırlama Rehberi" yayınlanan bu rehberlerdendir. Plan hazırlık sürecini, ilgili yönetmelikte belirtildiği halde ele almış olan bu rehber, ekinde acil durumlar için bir kontrol listesi de içermektedir. Bu rehbere göre;

• Acil durumların belirlenmesi aşamasında yapılacak veya yapılmış olan risk değerlendirmesi, en önemli referans olmaktadır.

• Bunun yanı sıra yangın, tehlikeli kimyasal maddelerden kaynaklanan yayılım ve patlama ihtimali, ilkyardım ve tahliye gerektirecek olaylar, doğal afetlerin meydana gelme ihtimali, sabotaj ihtimali ve etki alanına giren işyerleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

• Belirlenecek tüm acil durumlar için ayrı ayrı olmak üzere önleyici ve sınırlandırıcı tedbirler ortaya konulmalıdır.

• Yine belirlenen acil durumlar için Müdahale yöntemleri geliştirilmelidir. Bu yöntemler afet ve acil durum planında belirtilmeli ve çalışanlara eğitim verilirken mutlaka bahsedilmelidir. Ekiplerde görevlendirilecek çalışanlara ait kriterler yasal mevzuat ile belirlenmiştir. Belirlenen kriterlere göre seçilen çalışanların eğitimleri düzenlenir, belgeleri hazırlanır. Ayrıca her ekipte bulunan çalışan bilgileri ve ekiplerin görevleri yazılı hale getirilmelidir.

• Yılda en az bir kez gerçekleştirilecek tatbikatlar ile de prova edilmiş olan acil durum için çalışan ve ekiplerin hazırlıklı olmaları sağlanmış olacaktır (ÇSGB, 2017).

Ayrıca İstanbul İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü' nün "Sanayi ve İşyerleri İçin Afet Acil Yardım Planlama Rehberi" de bu kapsamda göz önünde bulundurulması gereken rehberlerdendir. Bu rehbere göre;

• Oluşturulacak planlama ekibi tehlike ve risk analizlerini yaparak başlamalıdır. Analizlerin sonucunda işyerleri hangi tehlikelerle ve nasıl bir riskle karşı karşıya olduğunu bilecektir.

• Riskleri azaltmak ve ortaya çıkabilecek sonuçları en aza indirmek için yapısal, yapısal olmayan ve yangın zararlarının azaltılması adımları takip edilmelidir.

• Komuta ve acil durum servislerinin oluşturulması gerekmektedir.

• Bu görevlilerin ve diğer çalışanların hangi afet ve acil durumlarda ne şekilde hareket edeceğini gösteren prosedürler oluşturulmalıdır. Bunlar standart operasyon prosedürleri, yönergeler, kontrol listeleri, kayıt formları, bilgi kartları ve haritalar şeklinde düzenlenebilir.

• Planda yazılı olanların uygulanmasını sağlayan destekleyici faaliyet olarak eğitim ve tatbikatlar gerçekleştirilmelidir.

• Plana dâhil edilmesi hususunda yardımlaşma konularına da önem verilmiştir. Bir afet veya acil durum meydana geldiğinde ihtiyaç duyulacak yardım konuları; ulaşım, haberleşme, donanım ve altyapı, yiyecek-içecek, güvenlik ve finansal konular olarak öngörülmüştür. Bu konularda planlama aşamasında görev ve sorumlulukların belirlenerek, gerekirse dış kaynaklarla anlaşmalar yapılarak hazırlık seviyesi en üst düzeye çıkartılabilir.

• Afet ve acil durum meydana geldiği andan itibaren ilk 72 saat boyunca yardım alınamayacağı düşünülerek gerekli acil yardım malzemeleri ve miktarları belirlenerek uygun koşullarda depolanması sağlanmalıdır.

• Hazırlanan planlarının tüm paydaşlar tarafından bilindiğinden ve koşullar değiştikçe güncellendiğinden emin olmak son derece önemlidir (Kadıoğlu, 2009).

3. SONUÇLAR

Afetlerin etkileri işyerleri için de hiçbir zaman göz ardı edilmemelidir. İşyeri için afet ve acil durum planlamaları ile ilgili bakanlık sıkı kontrolleri ve AFAD bilgi ve operasyonlu desteği sayesinde uygulanmalıdır. Bu durum ülkemiz şartları için gerekli ve mevcut en iyi uygulama metodu olacaktır. İşyerleri için sektörel bazda sınıflamalar yapılmalıdır. Sektörel bazda gerekli planlamalar her sektör için özel olarak ele alınmalıdır. Bu planlara uygun olarak özellikle yönetim birimi ve ilgili personelin yanında gerekli teçhizat daima bulundurulmalı ve periyodik tatbikatlar eksiksiz uygulanmalıdır. En önemli ve faydalı yöntem, afet riskini yerinde azaltacak önlemlerin afet öncesinde alınması olacaktır.

4. TEŞEKKÜR

Bu bildiri Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Afet Yönetimi Programı'nda yürütülen 'İşyeri Afet ve Acil Durum Planlarının Geliştirilmesi; Kırtasiye Malzemeleri Üretim Sahası Örneği' isimli tez çalışmasından üretilmiştir.

KAYNAKÇA

AFAD (2019a). "Afete Hazır İşyeri", https://www.afad.gov.tr/tr/23192/Afete-Hazir-Isyeri, 10.09.2019.

AFAD (2019b). "Risk Değerlendirmesi", https://afadem.afad.gov.tr/tr/2356/Risk-Degerlendirmesi, 11.09.2019.

AFAD (2019c). "Türkiye Afet Yönetimi Strateji Belgesi ve Eylem Planı", https://www.afad.gov.tr/tr/26567/Turkiye-Afet-Yonetimi-Strateji-Belgesi-ve-Eylem-Plani-TAYSB, 01.09.2019.

AFAD (2014). "Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü", Ankara.

AFAD (2013). "Türkiye Afet Müdahale Planı", Ankara.

ÇSGB (2017). "Acil Durum Planı Hazırlama Rehberi", Ankara.

ÇSGB (2013). "İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik", Resmi Gazete Sayısı: 28681, Ankara.

EC, JRC (2004). "Analysis of Natech Disaster Management", Italy.

FEMA (1993). "Emergency Management Guide for Business and Industry", FEMA 141, USA.

KADIOĞLU, M. (2011). "Afet Yönetimi, Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek", Marmara Belediyeler Birliği Yayını, İstanbul.

KADIOĞLU, M. (2009). "Sanayi ve İşyerleri İçin Afet Acil Yardım Planlama Rehberi", İstanbul.

MUNICH RE (2019). "Natural Catastrophe Know-How for Risk Management and Research", http://natcatservice.munichre.com, 10.09.2019.

UK, HSE (1999). "Emergency Planning for Major Accident, Control of Major Accident Hazards Regulations", England.

US, Dp.of Labor (2019). "How to Plan for Workplace Emergencies and Evacuations", https://www.osha.gov/Publications/osha3088.html, 08.09.2019.

AĞIR METALLERİN ALGİNAT-NANO KOMPOZİT BONCUKLARI İLE GİDERİMİ: pH VE ADSORBENT BİLEŞİMİNİN ETKİSİ

Tuğba Nur ÇEVİK

Doç. Dr. Çiğdem KIVILCIMDAN MORAL
Akdeniz Üniversitesi

ÖZET: Ağır metaller özellikle endüstrilerdeki kullanımlarının artışı ile tüm çevresel ortamlarda kirliliğe sebep olmaktadır. Birikim özellikleri ve zehirlilikleri bu kirleticilerin önemi artırmakta ve arıtılmasını gerekli kılmaktadır. Arıtım yöntemlerinden biri olan adsorpsiyon ağır metal gideriminde ucuz, uygulaması kolay ve etkin bir alternatiftir. Çok sayıda adsorbent bu amaçla uygulanmış olup alginatta örneklerden biridir. Guluronik ve manuronik asit monomerlerinden oluşan alginat, kahverengi alglerden elde edilen bir biyopolimerdir. Son zamanlarda, bazı materyallerle oluşturulan kompozit alginat boncuklarının kullanımı artmaktadır. Bu çalışmada, alginat ve nano metal oksitlerle oluşturulan kompozit adsorbentler ağır metal gideriminde test edilmiştir. Deneyler kesikli reaktörlerde 100 mg/L metal konsantrasyonunda değişen pH (3 – 5,5) ve adsorbent birleşimlerinde (Alginat/nano malzeme oranı 1:2 – 1:0,5) gerçekleştirilmiştir. Seçilen nano metal oksitlerden ağır metal giderim verimi en yüksek olan ZnO nano parçacığıdır. Adsorbent bileşiminin etkisi incelendiğinde % 90'dan fazla Pb^{2+} ve Cu^{2+} giderimi 1:0,5 Alginat/nano ZnO oranında sağlanmıştır. Sulu çözelti pH değerleri 3 ve 5,5 değerleri arasında değiştirilerek yapılan deneylerde ise pH 5,5 değeri optimum olarak belirlenmiştir. Bu değerde Pb^{+2}, Cu^{+2} ve Cd^{+2} giderim verimleri % 95'ten büyüktür. Sonuç olarak kompozit alginat boncuğunun ağır metal gideriminde alternatif bir adsorbent olacağı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Adsorpsiyon, Biyopolimer, Bakır, Kadmiyum, Kurşun, Nano metal oksitler

Removal of Heavy Metals by Alginate-Nano Composite Beads: Effect of pH and Adsorbent Composition

ABSTRACT: Heavy metals, particularly due to increased use in industries, lead to pollution in every part of the environment. Accumulation properties and their toxicity increase the importance of these pollutants and they are

required to be treated. Adsorption, one of the treatment methods, is a cheap, easy to handle and effective alternative in heavy metal removal. A lot of adsorbents were utilized for this purpose that alginate is one of the examples. Alginate composed of mannuronic and guluronic acids is a biopolymer obtained from brown algae. Recently, use of composite alginate beads made of some materials was increased. In this study, composite adsorbents with alginate and nano metal oxides were tested for heavy metal removal. Experiments were conducted at 100 mg/L of metal concentrations and varying pH (3 – 5.5) and adsorbent composition (Alginate/nano material ratio 1:2 – 1:0.5) by batch reactors. ZnO nano particles had the highest heavy metal removal efficiency among the selected nano metal oxides. When the effect of adsorbent composition was investigated, above 90 % of Pb^{2+} and Cu^{2+} removal was achieved at alginate/nano ZnO of 1:0.5. pH 5.5 was determined as the optimum in the experiments performed by changing aqueous solution pH values in the range of 3 and 5.5. At this value, removal efficiencies were higher than 95 % for Pb^{2+}, Cu^{2+} and Cd^{2+}. Therefore, composite alginate beads might be an alternative adsorbent for heavy metal removal.

Keywords: Adsorption, Biopolymer, Cadmium, Copper, Lead, Nano metal oxides

1.GİRİŞ

Su kirliliği, hızla artan nüfus ve kentleşmeyle birlikte önemli bir çevre sorunudur. Ağır metaller de toprak ve sudaki en önemli kirleticilerden biridir. Bunların toksik ve kanserojen olduğu bilinmektedir ve organizmanın bünyesinde birikir. Dolayısıyla metaller olumsuz etkilere neden olmaktadır (Asthana vd. 2016:42). Maden işleme ve çeşitli üretimlerden kaynaklanan atıksulardaki ağır metallerin, doğaya salınmadan önce arıtılması gerekmektedir (Araç 2014). Ağır metal iyonlarının su kaynaklarından etkin bir şekilde uzaklaştırılması için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlara iyon değişimi, kimyasal oksidasyon/indirgeme, kimyasal çöktürme, ultra filtreleme ve ters osmoz gibi yöntemler örnek olarak verilebilir (Fu ve Wang, 2011:408). Diğer yandan, alternetif bir yöntem olarak adsorpsiyon düşük maliyet ve enerji ihtiyacı, tasarım sadeliği, kullanım kolaylığı, yüksek etkinlik ve adsorbentlerin tekrar kullanılması gibi üstünlüklere sahiptir (Lim vd 2009:509). Özellikle ağır metalleri azaltma potansiyeline sahip, çevre ile uyumlu, ucuz ve güvenli adsorbentler kullanıldığında uygun bir tercih olacağı düşünülmektedir (Zhao vd 2012: 187).

Alginatlar kahverengi alglerden ekstrakte edilen doğal polimerler olup ağır metal gideriminde kullanılan adsorbentlerdir. Bu polimer mannuronik asit (M) ve guluronik asit (G) monomerlerinden oluşmaktadır. Alginatlar, biyolojik olarak uyumlu olmaları, yüksek viskozitesi ve/veya jel yapabilme özelliklerinden dolayı pek

çok endüstride kullanım alanı bulmaktadır (McHugh 2003). G-blokları içeriği fazla olması halinde alginatın jel oluşturma kapasitesi artar (Tezcan 2008). Polimer yapısında bulunan karboksil gruplarından dolayı çok değerlikli katyonlarla reaksiyona girmektedir (Zactiti ve Kieckbush 2006:463). Alginatın metal katyonları ile jel oluşturma hızları Pb>Cu>Cd>Ba>Ca>Ni>Zi şeklinde sıralanmaktadır (Tezcan 2008). Son dönemde yapılan araştırmalar alginat boncuklarının ağır metal alım kapasitesini arttırmaya yönelmiştir. Bu amaçla, çeşitli materyaller kullanılmış olup yakın zamanda gelişmekte olan nanoteknoloji ile üretilen nano materyaller de alginat boncukları ile farklı adsorbent oluşturmak üzere ağır metal gideriminde kullanılmaktadır.

Boyutları 0,1 ile 100 nm arasındaki tanecikler olarak tanımlanan nanopartiküller nanoteknolojinin temelini oluşturmaktadır. Nanopartiküller fiziksel, kimyasal ve mekanik vb. özellikler bakımından farklı özelliklere sahiptir. Nanopartikülün bilinen özellikleri; kuvantum boyut etkileri ve yüksek yüzey/hacim oranı olarak bilinmektedir (Kartal 2013). Adsorpsiyon bir yüzey olayı olduğundan ağır metal iyonlarının bağlanması için geniş yüzey alanına sahip olan nanoparçacıklar ilgi çekici gözükmekte ancak bu parçacıkların aşırı küçük boyutu ayrımı zorlaştırmaktadır. Bu konu ise nano malzemelerden kaynaklı toksisiteden dolayı ayrıca önem arzetmekte olup, nano malzemenin etkin bir şekilde ayrımı gerekmektedir. Bunun üstesinden gelmek için farklı destek materyaller kullanılmıştır (Gokila vd. 2017:1460). Alginat ta bunlardan biri olup, alginat boncuklarının içine hapsedilen nano malzemeleri arıtılan sudan ayrımı kolaylaşmakta ve bu dezavantaj giderilebilmektedir.

Tüm bu sebeplerden hareketle ilgili çalışmanın amacı alginat-nano metal oksit (ZnO) boncuklarının ağır metal (Pb^{+2}, Cu^{+2} ve Cd^{+2}) giderim potansiyelini irdelemektedir. Burada ilgili adsorbentin bileşimi ve sulu çözelti pH değerinin adsorpsiyon kapasitesine olan etkileri değerlendirilmiştir.

2.MATERYAL VE METOT

2.1. Materyaller

Kahverengi alglerden elde edilen, sodyum formunda, yüksek guluronik asit içeriğine sahip Sigma-Aldrich 71238 kodlu alginat, herhangi bir ön işleme tabi tutulmadan ticari olarak alındığı şekilde kullanılmıştır. Çinko oksit; nanopartikül (Alfa Aesar 44898 kodlu) %99 saflıkta, 40-100 nm boyutunda, herhangi bir ön işleme tabi tutulmadan ticari olarak alındığı şekilde kullanılmıştır.

2.2. Alginat-Nano ZnO Boncuklarının Oluşturulması ve Karışık Metal Çözeltisi Hazırlama

%2'lik alginat içine seçilen miktarda nano-ZnO eklenmiştir. Manyetik karıştırıcı da bir saat karıştıktan sonra 50 mM $CaCl_2$ çözeltisine damlatılarak boncuklar oluşturulmuştur. 1 gece bekletilip ve boncuklar yıkanıp, kurutulmuştur. $PbNO_3$, $CdNO_3$ ve $CuNO_3$ ile 1000 mg/L olarak hazırlanan stok çözeltiler istenen ağır metal konsantrasyonu için seyreltilerek kullanılmıştır.

2.3. Ağır Metal Giderim Deneyleri

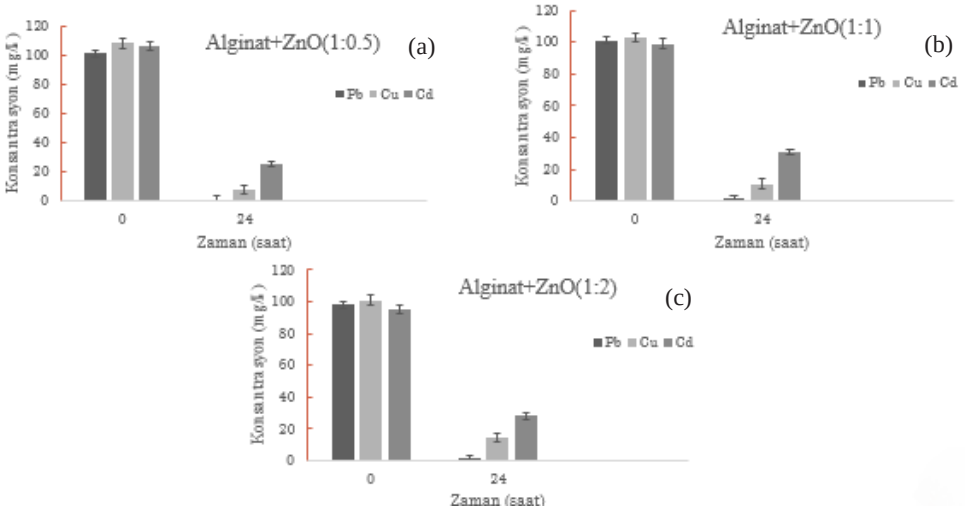
100 mg/L'lik metal konsantrasyonuna sahip ağır metal çözeltileri, içerisinde 100 mg boncuk içeren erlenlere ilave edilmiş ve 150 devir/dakika'da, 25° C'de, 24 saat süre ile çalkalanmaya bırakılmıştır. Adsorbent bileşiminin etkisini incelemek üzere; alginat-nano ZnO boncukları 1:0,5, 1:1 ve 1:2 g/g oranında hazırlanmış ve deneyler pH 5'te gerçekleştirilmiştir. pH etkisini incelemek için ise 3, 4, 5 ve 5,5 pH değerlerinde, 1:0,5 g/g alginat-nano ZnO boncukları ile deney gerçekleştirilmiştir. Deney sonunda numuneler süzülmüş, HNO_3 ile asitlenmiş ve 4° C'de saklanmıştır. Ağır metal analizleri ICP-OES ile yapılmıştır.

3.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Adsorbent Bileşiminin Etkisi

Alginat-nano ZnO boncuğunun farklı birleşim oranlarının ağır metal adsorpsiyonuna etkilerini içeren bulgular Şekil 1'de gösterilmektedir. Şekil 1(a)'da alginat-nano ZnO boncuğunun 1:0,5 oranına ait sonuçlar gösterilmektedir. Deney sonuçlarına göre; alginat-nano ZnO boncukları ile 101±0,95 mg/L başlangıç konsantrasyonundaki kurşun iyonu 24 saatlik adsorpsiyon deneyi sonucunda 1,25±0,95 mg/L'ye azalmış, benzer şekilde bakır iyonun başlangıç konsantrasyonu 108±7,95 mg/L ve adsorpsiyon sonrası 7,88±0,34 mg/L olarak ölçülmüştür. Ek olarak, kadmiyum iyonun başlangıç konsantrasyonu 106±5,95 mg/L ve adsorpsiyon sonrası 25,4±5,4 mg/L olarak ölçülmüştür. Görüldüğü üzere son konsantrasyonlar kıyaslanırsa alginat-nano ZnO boncuğu en çok Pb^{+2} metalini adsorplamıştır. Onun ardından Cu^{+2} metali giderilirken, Cd^{+2} iyonu en düşük verimle adsorplanmıştır. İncelenen diğer alginat-nano ZnO boncuğu 1:1 oranında oluşturulmuş ve Pb^{+2}, Cu^{+2} ve Cd^{+2} ağır metallerinin sentetik atıksudan giderilmesine yönelik yürütülen çalışmaların sonuçları ise Şekil 1(b)'de gösterilmiştir. Deney sonucuna göre; alginat-nano ZnO boncuk 1:1 oranı ile 101±2,99 mg/L başlangıç konsantrasyonunda kurşun iyonu 24 saatlik adsorpsiyon

deneyi sonucunda 1,36±1,4 mg/L'ye azaltırken benzer şekilde bakır iyonun başlangıç konsantrasyonu 103±1,95 mg/L ve adsorpsiyon sonrası 10,8±1,63 mg/L olarak belirlenmiştir. Diğer yandan kadmiyum iyonunun başlangıç konstrasyonu 99±2 mg/L ve adsorpsiyon sonrası 30,8±0,16 mg/L olarak ölçülmüştür. Şekil 1(c)'de ise Pb^{+2}, Cu^{+2} ve Cd^{+2} ağır metallerinin sentetik atıksudan alginat-nano ZnO boncuğu (1:2) ile giderilmesine yönelik yürütülen çalışmaların sonuçları gösterilmiştir. Deney sonucuna göre; alginat-nano ZnO boncuk 1:2 oranı ile 98±4,3 mg/L başlangıç konsantrasyonundaki kurşun iyonu 24 saatlik adsorpsiyon deneyi sonunda 1,65±3,5 mg/L'ye düşürülmüştür. Benzer şekilde bakır iyonunun başlangıç konsantrasyonu 101±0,95 mg/l ve adsorpsiyon sonrası 14,5±2,5 mg/L iken son olarak kadmiyum iyonunun başlangıç konsantrasyon değeri 95±6 mg/L ve adsorpsiyon sonrası 28,3±1,7 mg/L olarak ölçülmüştür. Deney sonuçlarına göre farklı adsorbent oranlarında en iyi giderilen metal Pb^{+2}, ardından Cu^{+2} iken Cd^{+2} metali en düşük giderim verimini göstermiştir. Bu durumda alginat-nano ZnO boncuğu 1:0,5 oranında en iyi giderim verimini sağladığı için tercih edilmiştir. pH ile ilgili deneylere alginat-nano ZnO (1:0,5) boncuk bileşimi ile devam edilmiştir. Tablo 1' de ise adsorbent bileşiminin giderim verimleri ve adsorpsiyon kapasitesine (qe) etkileri değerlendirilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere, bileşimin ağır metal giderimine etkisi fazla değildir. Adsorbent özellikle Pb^{+2} ve Cu^{+2} gideriminde etkilidir (%90'ın üzerinde). Alginat-nano ZnO boncuğu 1:0,5 oranında en iyi verimi sağlamıştır. Aynı zamanda bu boncuk bileşimi için qe değerleri 40,3 – 50 mg metal/g adsorbent arasında değişmektedir.



Şekil 1. Alginat nano kompozit boncuklar ile sentetik atıksudan ağır metal gideriminde adsorbent bileşiminin etkisi

Tablo 1. Adsorbent Bileşiminin Etkisi; Giderim Verimleri ve Adsorpsiyon Kapasitesi

Ağır Metaller	**Alginat- ZnO (1:0.5)**		**Alginat-ZnO (1:1)**		**Alginat-ZnO (1:2)**	
	Giderim %	**qe (mg/g)**	**Giderim %**	**qe(mg/g)**	**Giderim %**	**qe(mg/g)**
Pb^{+2}	99	49,8	99	49,8	98	48,1
Cu^{+2}	93	50,0	90	46,1	86	43,2
Cd^{+2}	76	40,3	60	34,1	70	33,3

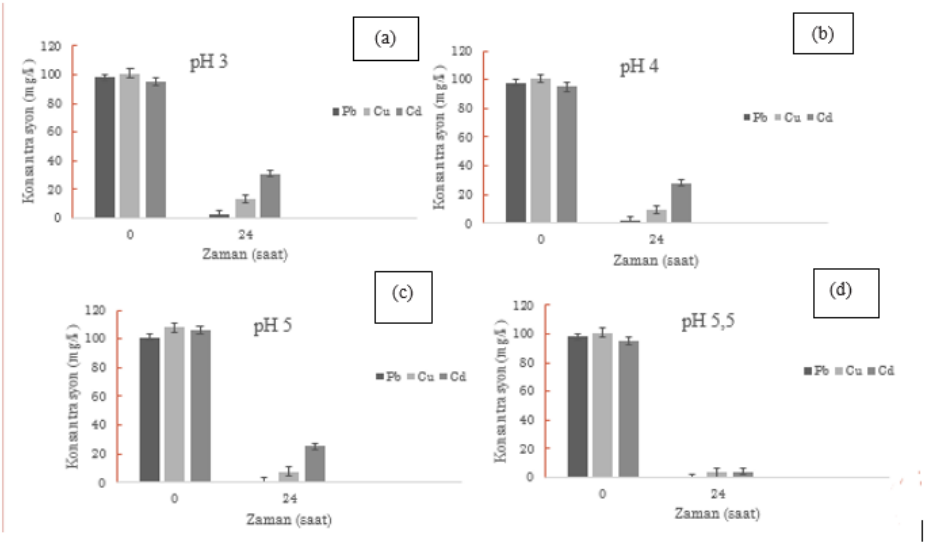
3.2. pH Etkisi

Alginat-nano ZnO boncuğunun farklı pH değerlerindeki ağır metal giderimine ait bulgular Şekil 2'de gösterilmektedir. Şekil 2(a)'da pH 3'e ait deney sonuçları gösterilmektedir. Deney sonuçlarına göre; alginat-nano ZnO boncuğu pH 3'te 98±2 mg/L başlangıç konsantrasyonundaki kurşun iyonunu 24 saatlik adsorpsiyon deneyi sonucunda 3,3±1,2 mg/L seviyesine indirmiştir. Benzer şekilde bakır iyonunun başlangıç konsantrasyonu 101±0,95 mg/L ve adsorpsiyon sonrası 13,5±2,5 mg/L iken kadmiyum iyonunun başlangıç 95±3,2 mg/L ve adsorpsiyon sonrası 31,1±0,75 mg/L olarak ölçülmüştür. Şekil 2(b)' de alginat-nano ZnO boncuğu ile pH 4' te, Pb^{+2}, Cu^{+2} ve Cd^{+2} ağır metallerinin sentetik atıksudan giderilmesine yönelik yürütülen çalışmaların sonuçları gösterilmiştir. Deney sonuçlarına göre; alginat-nano ZnO boncukları ile pH 4'te 98±3 mg/L başlangıç konsantrasyonundaki kurşun iyonu 24 saatlik adsorpsiyon deneyi sonucunda 2,3±1,4 mg/L değerine azaltmıştır. Diğer yandan bakır iyonunun başlangıç konsantrasyonu 101±0,95 mg/L ve adsorpsiyon sonrası 9,6±1,5 mg/L olup kadmiyum iyonunun başlangıç konsantrasyonu 95±4 mg/L ve adsorpsiyon sonrası 28,2±1,4 mg/L olarak ölçülmüştür. Şekil 2(c)' de alginat-nano ZnO boncuğu ile pH 5' te, Pb^{+2}, Cu^{+2} ve Cd^{+2} ağır metallerinin sentetik atıksudan giderilmesine yönelik yürütülen çalışmaların sonuçları gösterilmiştir. Deney sonuçlarına göre; alginat-nano ZnO boncuk ile 101±0,15 mg/L başlangıç konsantrasyonundaki kurşun iyonu 24 saatlik adsorpsiyon deneyi sonucunda 1,25±1 mg/L'ye azaltılmıştır. Bakır iyonu için ise başlangıç konsantrasyonu 108±5,95 mg/L ve adsorpsiyon sonrası 7,88±2,3 mg/L , diğer yandan kadmiyum iyonun başlangıç konsantrasyonu 106±2,2 mg/L iken adsorpsiyon sonrası 25,4±3,5 olarak ölçülmüştür. Son olarak, alginat-nano ZnO boncuğu için pH 5,5'e ait bulgular ise Şekil 2(d)'de gösterilmektedir. Deney sonuçlarına göre; alginat-nano ZnO boncukları ile 98±0,95 mg/L başlangıç konsantrasyonundaki kurşun iyonu 24 saatlik adsorpsiyon deneyi sonucunda 0,5±0,95 mg/L gibi oldukça düşük seviyelere indirilebilmiştir. Benzer şekilde bakır iyonun başlangıç konsantrasyonu 101±7,95 mg/L ve adsorpsiyon sonrası 3,6±0,34 mg/L iken kadmiyum iyonun başlangıç konsantrasyonu 95±5,95 mg/L ve adsorpsiyon sonrası

4,1±2,4 mg/L olarak ölçülmüştür. İncelenen diğer pH değerleri karşılaştırıldığında en iyi giderim vereimi pH 5,5'te sağlandığı için bu değer optimum olarak değerlendirilmiştir. Tablo 2'de alginat-nano ZnO boncuklarının pH'ya bağlı ağır metal giderim verimleri ve adsorpsiyon kapasitesi gösterilmektedir. Tablodan görüldüğü üzere; pH arttıkça qe ve giderim verimleri artmıştır. Özellikle kadmiyumda belirgin bir artış gözlemlenmiştir. pH 5,5 değeri tüm metaller için optimum giderim sağlanmıştır. Bu da alginattaki karboksil gruplarının iyonizasyonun artması ile açıklabilir.

Tablo 2. Alginat-Nano ZnO Boncuklarının pH'ya Bağlı Giderim Verimleri ve Adsorpsiyon Kapasiteleri

Ağır Metaller	**pH 3**		**pH 4**		**pH 5**		**pH 5.5**	
	Giderim %	**qe (mg/g)**	**Giderim %**	**qe (mg/g)**	**Giderim %**	**qe (mg/g)**	**Gide-rim%**	**qe (mg/g)**
Pb^{+2}	97	47,3	98	47,8	99	49,8	99	48,7
Cu^{+2}	87	43,7	90	45,7	93	50,0	96	48,7
Cd^{+2}	67	31,9	70	33,4	76	40,3	96	45,4



Şekil 2. Alginat-nano ZnO boncukları ile sentetik sudan ağır metal gideriminde pH etkisi

4.SONUÇLAR

- Çalışma kapsamında, alginat-nano ZnO boncukları oluşturulmuş ve ağır metal gideriminde test edilmiştir.
- Adsorbent bileşiminin ağır metal uzaklaştırılmasında rolü belirgin olmamakla birlikte en iyi giderim verimleri (Pb^{+2} ve Cu^{+2} için > %90), alginat-nano ZnO 1:0,5 oranında elde edilmiştir.
- pH değerileri arttıkça adsorbentin ağır metal alım kapasitesi artmış ve 5,5 değerinde tüm metaller için bu değer 45 mg/g'dan fazladır.
- Sonuç olarak kompozit alginat boncuğunun ağır metal gideriminde alternatif bir adsorbent olacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

ASTHANA, A., VERMA, R., SINGH, MD., SUSAN, A.B.H., ADHIKARI, R.,(2016).''Silver Nanoparticle Entrapped Calcium-Alginate Beads for Fe (II) Removal Via Adsorption ''. Macromolekular Symposia, (366): 42-51.

ARAÇ, E.(2014). Sulu çözeltilerdeki kurşun ve bakır iyonlarının sepiyolit ile adsorpsiyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

FU, F., WANG, Q. (2011).'' Removal of Heavy Metal Ions from Wastewaters: A Review. Journal of Environmental Management, (92) :407–418.

GOKILA, S., GOMATHI, T., SUDHA, P.N., ANIL, S. (2017).'' Removal of the Heavy Metal Ion Chromiuim (VI) Using Chitosan and Alginate Nanocomposites. International Journal of Biological Macromolecules, (104): 1459-1468

KARTAL, L. (2013). İndüktif Enerji Kaynaklı Ultrasonik Sprey Piroliz Sistemde Nano-Metal, Nano-Metal Oksit ve Nano-Metal/Metal Oksit Karışık Tozları Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

LIM, S.F., ZHENG, Y.M., ZOU, S.W., CHEN, J.P. (2009) ''Removal of Copper by Calcium Alginate Encapsulated Magnetic Sorbent. Chemical Engineering Journal, (152): 509-513.

ZHAO, X.T., ZENG, T., LI, X.Y., HU, Z.J., GAO, H.W., XIE, Z., (2012).'' Modeling and Mechanism of the Adsorption of Copper Ion Onto Natural Bamboo Sawdust'', Carbohydr. Polym., (89) :185–192.

MCHUGH, D.J.(2003). A Guide to the Seaweed Industry. FAO Fisheries Technical Paper FAO 441:39-47.

TEZCAN, F. (2008). Aljinat/kil Biyopolimer Nanokompozit Filmlerin Eldesi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

ZACTITI, E.M., KIECKBUSH, T. (2006). ''Potassium Sorbate Permeability in Biodegradable Alginate Films: Effect of the Antimicrobial Agent Concertration and Crosslinking Degree''. Journal of Food Engineering, (77): 462-467.

GEOLOGICAL OVERVIEW OF PESHKOPIA AND DUMREA EVAPORATIC FORMATIONS

Vesel HOXHA

ABSTRACT: There are several studies related to Evaporates of Albania and in particular for surface manifestations of Peshkopia and Dumrea areas. The most of information presented here is referred mainly from the previous studies (1, 4, 5, 7, 8, 9 and 10).

Keywords: Evaporates, mineralization, tectonic

1. GEOLOGICAL SETTINGS OF EVAPORATES

Spatial position of Albanian evaporate formation and its relationship with surrounding rocks

Spatial position of evaporate formation of Albania, its relationship with surrounding formations, both in the surface and in depth were determined according to the geological, paleontological, seismological and gravimetric data and based on the results of deep drilling boreholes carried out in Albania, and in neighboring countries such as Greece, Italy and Montenegro.

In the geotectonic concept, the evaporatic formation occupies a certain position. It generally outcrops at the cross - cutting of transversal and longitudinal fault zones during rifting stages and during collision and post collision stages.

In the sedimentological point of view, the main surrounding formation might had been the intertidal one, as a characteristic feature of the continental platform, which during the Triassic covered the largest Mediterranean area. This space has defined the lagoon sedimentary environments of oversaturated salt character. Evaporatic formation in Albania is encountered in two different groups as concerning morphology and age (Fig. 1):

- Evaporatic formation of Triassic age, which is characteristic for the Ionian tectonic zone and Dibra unit, has a controversial tectonic affiliation.

***- Evaporatic layered formation of Miocene* age** (Mesinianian) is characteristic of UP A.

Formation evaporate diapirik (explosive) of Triassic age, is represented in Albania with large size diapir of Peshkopi, Dumre, Picar-Kardhiq, Delvine-Bistrica, Xare-Mursi and some other evaporitic massifs of the smaller size as: Gypsum of Kelles at Stanet e Preshit, Glina, Bashaj-Kaparjel-Vermik, Palase, Vuno, Fterre etc.

Evaporitic layered formation of Miocene age (Mesinianian) is represented in Albania with outcrops of Kavaja area (Muharremaj, Seferaj, Tilaj, Xikulare, Zbuj, Mengaj, Cikallesh etc.); in Durresi area (Currila, Manz, Rade, Rubjeke etc.); Vlorë area (Hoshtime, Panaja Jew Stone Neck Koçiu Kus Baba etc.), (Fig. 1).

1.1. Evaporitic Diapir of Peshkopia

They are represented on three separate massifs or three large size tectonic windows (Fig. 1), of which two in Peshkopia region, respectively tectonic window of Mali i Bardhe and Llixhat e Peshkopise (Fig. 3) and one in the territory of FYR of Macedonia named the river of Radika.

Recent studies, especially those after 1990, clarify, based on the numerous facts the overthrusting character of the Korabi area. They have shown that sections of the Paleozoic and Triassic depositions are represented of full components and evaporate may not be as their members. Even in neighboring countries, in internal units analogue to Korabi zone are not recognized conditions for evaporatic formation.

Another interesting fact that support the allochtonous character of Korabi zone is the presence of formations of the external units below it and the interpretations done by (3) for planktonic foraminifera of Miocene encountered in the argillaceous at the contact of gypsum with ultrabasic rocks near Pelpanikut (Bicaje) and planktonic foraminifera of Middle Miocene encountered in the ultrabasic rocks which intersect Triassic deposits of the Stanet e Preshit. Based on the above mentioned facts and in other data we conclude that: the two major evaporate massifs of Peshkopia area represented as tectonic windows.

Tectonic window of Llixhat e Peshkopise (Thermo-mineral waters of Peshkopi). In the stream of Llixha e Peshkopise (Thermal spring of Peshkopia), in a form of tectonic window with size 9 x 6 km is exposed Paleogene flysch intersected by evaporatic diapir (Fig. 3). Flysch of Llixhat e Peshkopise (Thermal spring of

Peshkopia) represents a "wild" metamorphosed flysch, dominated by the lenses of limestone with numulite. We point out that numulite defined here, determine the middle Eocene age, but there are also other data, based on evidence obtained in the vicinity of the village of Slatina, near the contact with the northern evaporate of Mali i Bardhe, the numulite are considered as re-deposited fossils, raising age limits in the upper Eocene - Lower Miocene.

Tectonic window of Mali i Bardhe. Evaporate which intersect the Paleogene flysch form a brachyanticline structure up to a dome shape with size 11 x 6 km, which outcrops in the form of a window under allochtonous marly flysch of Ostreni sub-zone, in the north and, under allochtonous of Grama, in the southern part (Malesia e Korabit sub-zone).

In the northern part, allochtone of Krasta is covered by Paleozoic and Triassic deposits of tectonic units of Korabi zone (Fig.3). Paleogene flysch is the same as that of the Peshkopia Thermal spring. Allochtone packages, around Mali i Bardhe tectonic window, are deformed to different degrees. At the same time in the river of Radika area, Diber of Macedonia (FYROM), is developed a tectonic window of Dibra Unit, represented by evaporate and Paleogene flysch, same as in Peshkopi region, despite that in the geological map of Macedonia at scale 1 : 200 000 they are considered with different age. Evaporates intersect a wide range of formations starting from formations of Paleozoic to the flysch of Eocene (Fig. 4).

1.2. Evaporates of Dumrea

They are mainly widespread in the meridian direction, with a length of about 20 km and width of 12 km (Fig. 1). This diapir belongs to a tectonic junction where are intersected longitudinal block – like faults of orogene, regional faults of Berati anticline chain and regional fault zone of Kruja tectonic unit. In this tectonic triple junction outcrops the diapir of Dumre, overthrusted considerably towards the west (Fig. 2). Taking into account the shape of Dumrea evaporate, the rock composition (mostly by gypsum and anhydrides), dis - harmonious intensive faulting, drilling results and geological-geophysical interpretation, it appears that we have to do with a typical evaporatic diapir. In contrast to the other diapir (Peshkopi, Dumre, Delvine - Bistrica, Xare - Mursi), in Kardhiqi diapir have been identified bodies of metamorphic and volcanic rocks as amphibolites of Picari and basalt outcrops in northern slope of Torovica. The contacts of the metamorphic and volcanic blocks with surrounding rocks are faulted. Metamorphic rocks consist of amphibolites, amphibolites shale and quartz-garnet-mica shales. Basalts are composed mainly by leucocrate types. They are composed of diabase with olivine and porphyry diabase. The raising of evaporate

formation in Picar - Kardhiq is more powerful compared to the other areas of evaporate spreading in Albania.

2. METALOGENIC PROGNOSIS OF EVAPORATE FORMATION

In nuclei of soluble salts of Permian-Triassic evaporate diapir and Miocene evaporate of Pre-Adriatic Depression have been discovered and estimated halite salt deposits, showings of halite salt and traces of potassium salts in Dhrovjan - Delvine, Kolonje, Picar-Kardhiq, Shëngjergj, Vlashuk, Gradisht - Belsh, Shales-Dumre and Mengaj-Kavaje. In the future studies, simultaneously to the evaluation of gypsum, anhydrides, selenite, alabaster, etc. (especially Peshkopia outcrops, as Perroi i Grames, Veleshica, Bahutaj, Llixhat, near the Vrenjt village, near Maja e Pelpanikut in Maja e Bardhe etc.) Vleshes, in the east of Sllatina, Venishtit, Greves strike etc., attention should be given to traces of sulfur, strontium, barite, potassium salts, magnesium and their associated elements (Li, Ta, Rb, Cz, B, etc.). In the areas where appear the solid caps (keproku) explorations should be carried out for sulphur and polymetallic showings, and in the areas of the developing of mulds and Cenozoic depressions, must be explored in argillaceous formations for tuffs, peat and coal. In evaporatic structures are estimated thermal and mineralized waters and traces of the direct presence of soluble salts and hydrocarbons. Already are evaluated thermo-mineral waters of Llixhat e Peshkopise, Llixhat e Dumrese, Ishmit, Mamurras and Makaresht, and mineral waters of Glina, etc.

REFERENCES

Diamanti F., Velaj T., Myftari S., Prifti I., Gjani E., Veizaj V., Hyseni A., Jano K., Ndroi V., Hoxha V., (1999). Raport shkencor me titull: *"Formacioni evaporitik ne Shqiperi, mundesia e kurtheve te hidrokarbureve dhe kerkimit te mineraleve te tjere te dobishem*". Tirane, Fondi i Fakultetit te Gjeologjise dhe Minierave.

El Tabakh M., et. al., (1998). *"Diagjenetic origin of basal anhydrite in the Cretaceous Maha Sarakham salt: Khorat Platean"*. Ne Thailand, Sedimentology, V. 45, Nr. 3, pp. 579-594.

Gjata. K, Kodra. A, etj. (1984). *Rreth pranise se shkembinjve te Miocenit te mesem ne rajonin e Dibres.* Buletini i Shkencave Gjeologjike Nr. 4, Tiranë.

HOXHA Vesel, DIAMANTI Fotaq, MILUSHI Ibrahim, MEKSHIQI Nezir. (2013). Artikull me teme: *"Some Features of the Evaporite Formation of Albania"*, "Journal of International ENVIRONMENTAL APPLICATION AND SCIENCE", Vol. 8 (2): 587-596 (2012), ISSN- 1307-0428. "JIEAS" Selçuk University, Engineering Faculty, Environmental Engineering Department Selcuklu 42003 Konya, Turkey Tel: +90-332-2232057; Fax: +90-332-2410635; e-mail: jieas@jieas.com, http://www.jieas.com.

Hoxha V. (1999). Raport shkencor i projektit:*"Studim prognoze mbi sasine dhe cilesine e Gjipsit, Anhidritit e Selenitit ne objektet e evaporiteve te Korabit*". Arkivi Qendror i Sherbimit Gjeologjik Shqiptar, Tirane.

Hoxha V. (1999). "*Mineralizimi i squfurit dhe mineralizime te tjera ne rajonin Kerçisht i Siperm - Kllobçisht*". Buletini i Shkencave Gjeologjike, Tiranë.

Hoxha V. (2000). *Harta gjeologjike dhe e pasurive minerale te rrethit Diber ne shkallen 1:50 000 me tekstin shpjegues perkates*. Arkivi Qendror i Sherbimit Gjeologjik Shqiptar, Tirane.

Hoxha V. (2001). *Tiparet themelore te gjeologjise dhe perspektiva e kerkimeve ne rajonin Kerçisht-Sorokol.* Disertacion, ish Universiteti i Tiranes sot UPT.

Hoxha V., Milushi I., Mekshiqi N., Diamanti F., Bakallbashi J**.** (2011). ***"****Geological and Mineral bearing Aspects of Evaporites in Peshkopia Area"*. Proceedings, p. 284-292, Mineral Resources and their perspective, International Geo-Science Conference "GeoAlb 2011", 27–30, September 2011. Mitrovice - Republika e Kosoves, ISBN: 978-9951-612-00-5.

Hoxha V., Milushi I. (2011). Raport shkencor i projektit studimor me teme*: "Evaporitet e Shqiperise dheMineralmbajtja e Tyre"***.** Arkivi i Institutit te Gjeoshkencave, Energjise, Ujit dhe Mjedisit, Universiteti Politeknik i Tiranes.

Kici V., etj. (1988). *Studim mbi stratigrafine e depozitimeve Mesozoike e Terciare te rajonit Kerçisht-Peshkopi (maj, 1997- Prill 1998)*. Arkivi Qendror i Sherbimit Gjeologjik Shqiptar.

Melo V., Aliaj Sh., Kodra A., Hoxha V., etj. (1991). *Dritare tektonike te zonave te jashtme ne rajonet lindore te Albanideve*. Buletini i Shkencave Gjeologjike Nr. 1, Tiranë.

Qirici V., Kodra B., Manjani., Hoxha V., etj. (1982). *Studim tematiko-pergjithesues dhe rilevues kompleks per sqarimin e perspektives hekurmbajtese ne zonen Zall Dardhe-Topojan, per vitet 1980-1981*. Tiranë.

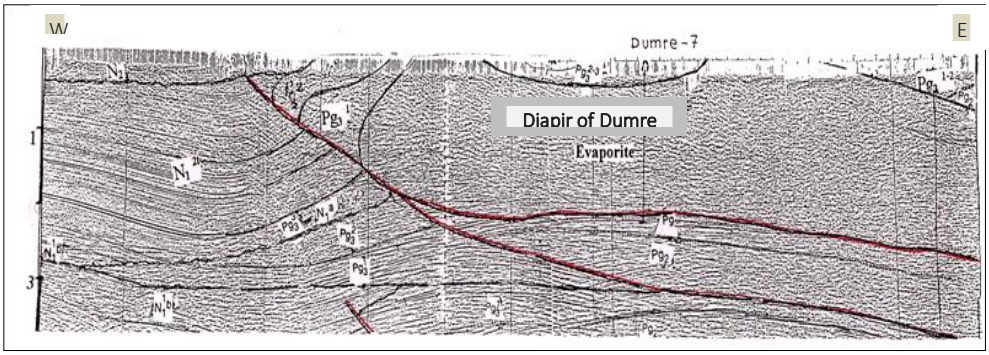


Fig. 2. Seismic section of Dumre diapir, Belsh – Elbasan area (According to Diamanti F., et. al. 1999)

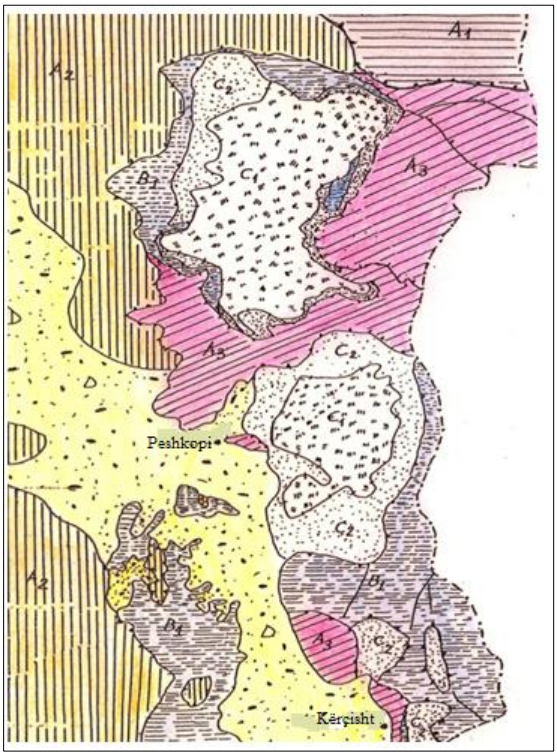


Figure 3 - Tectonic sketch of the locations of Peshkopia evaporate. A. Korabi unit: A_1 - Kollovozit sub-unit; A_2 - Muhurr –Çaja sub-unit; A_3 - Malesia e Korabit sub-unit; B. Krasta- Cukali unit: B_1 -Ostreni or Easter Krasta sub-unit; C. Dibra formations: C_1 - C_2, Kruja unit, Ionian unit or Dibra unit? D. Formations of Peshkopia depression of Pliocene-Quarternary age

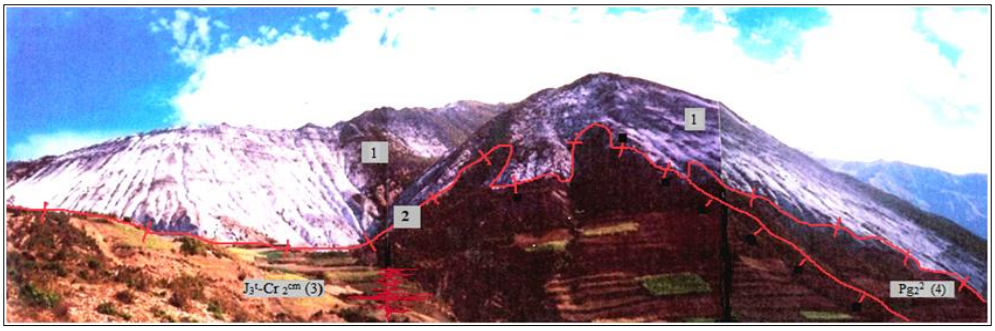


Figure 4 -View of evaporate of Peshkopia northern Diapir (1) in the east of Vrenjt village. The fault relationship of evaporite (2) with Eocene flysch of Pg_2^2 (4) and with Jurassic–Cretaceous formations (J_3^t-Cr_2^{cm}, (3). Jurassic – Cretaceous flysch (3) overlying Eocene flysch (4)

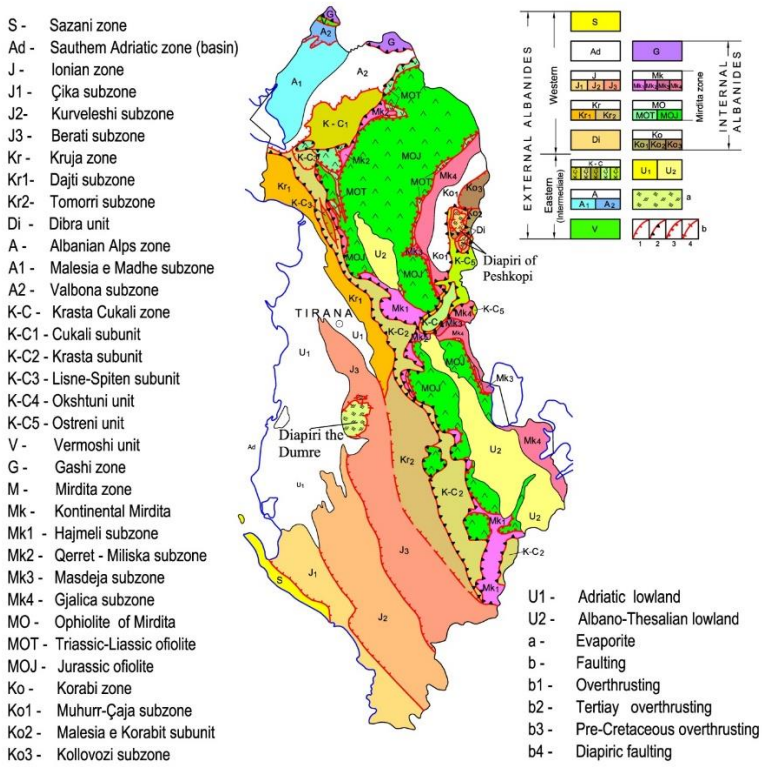


Figure 1 – The position of Peshkopia and Dumrea Evaporates, over tectonic map of Albania

PATLATMA KAYNAKLI ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ: HATAY İLİ MERKEZ KURUYER KÖYÜ KALKER OCAĞI ÖRNEĞİ

Bayram Ali MERT
İskenderun Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışmada, Hatay İli Merkez Kuruyer Köyü civarında yer alan bir kalker ocağında yapılacak olan patlatmaların tasarımı yapılarak, patlatmalardan kaynaklı titreşim, hava şoku ve taş fırlaması açısından olası çevresel etkiler araştırılmıştır. Patlatma sonucu oluşan şok dalgaları havada ve ateşlenen kaya birimi içinde belirli bir hız, frekans ve genlikte yayılmaktadır. Bu yayılım patlatma konumundan uzaklaştıkça sönme eğilimi göstermektedir. Farklı uzaklıklardaki tepe parçacık hızı (PPV, Peak Particle Velocity), teorik olarak kullanılacak patlayıcı madde miktarı (W) ve mesafeler (D) dikkate alınarak bir takım eşitlikler yardımıyla, uygulamada ise yerinde ölçüm yapılarak elde edilir. Bu çerçevede, çalışma kapsamında öncelikle kalker ocağı faaliyetleri ve yakın çevresi hakkında teknik bilgiler verilmiş, devamında patlatmalardan kaynaklı titreşim, hava şoku ve taş fırlama mesafesinin tahminleri ve ölçümleri yapılmıştır. Tahminler ve ölçümler T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2018 yılında yayınladığı "Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu" esas alınarak irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Patlatma, titreşim, maksimum parçacık hızı, kalker ocağı

Evaluation of environmental impact of blasting operations: An example of limestone quarry in Kuruyer-Hatay province

ABSTRACT: In this study, blasting parameters of limestone quarry in Hatay province and its possible environmental effects such as vibration, air shock and flying rocks were investigated. Shock waves caused by blasting operations are spread at a certain speed, frequency and amplitude in the air and rock unit. Frequency of vibrations generated by the blasting varies depending on the space and the geology of rocks (rock types) in the blasting area. If the ground in which the blasting is made is homogeneous, the speed of the vibration usually fades at a far certain distance. Peak particle velocity (PPV) at various distances are calculated with the help of a number of equations taking into consideration the charge and distance of the explosive substances to be used theoretically. In practice, it is obtained by on-site measurement. Environmental

impact assessment is made by comparing the results with acceptable limit values. Within this framework, first of all, technical information about limestone quarry activities and environmental characteristics were given. Afterwards, predictions and measurements of PPV, air shock and distance of flying rocks were performed. Prediction and measurement results were analyzed based on "Blasting Designs and Blasting Environmental Impact Guide" published by the Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization in 2018.

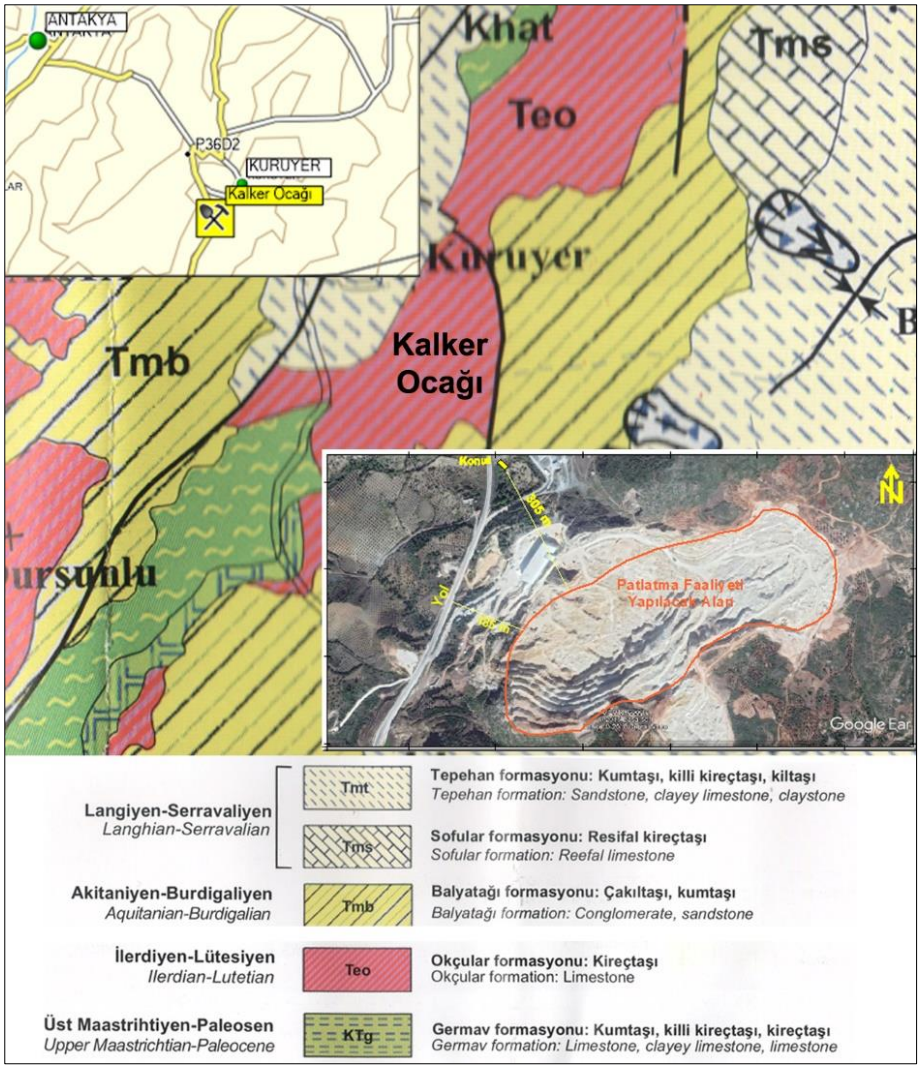
Keyword(s): Blasting, ground vibration, peak particle velocity, limestone quarry

1. GİRİŞ

2. Patlatma faaliyeti kayaçların ekonomik bir şekilde yerinden sökülmesi ve/veya istenilen parça boyutuna indirilmesi açısından madenciliğin vazgeçilmez bir unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır (Zhu vd., 2007). Özellikle kalker üretimi gibi açık işletme madenciliğinde sıklıkla uygulanan bu yöntem bir takım çevresel etkileri de beraberinde getirir. Bu etkiler incelendiğinde sebeplerinin patlatma kaynaklı yer sarsıntısı, hava şoku, kaya fırlaması ve yüksek ses gibi sonuçlardan kaynaklandığı görülür. Bu sebepler tamamen ortadan kaldırılamasa da uygun delik geometrisi, şarj miktarı ve gecikme aralıkları ile azaltılabilmektedir (Singh vd., 1996; Dowding, 1985). Patlatma sonucu oluşan şok dalgaları kaya birimi içinde belirli bir hız, frekans ve genlikte yayılmaktadır. Bu yayılma hızının kullanılan patlayıcı madde miktarı ve ilgili patlatma alanının jeolojik ve jeoteknik koşulları ile doğrudan ilişkili olduğu birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur (Mesec vd.,2010; Nateghi, 2011). Farklı mesafelerdeki titreşim hızları, teorik olarak kullanılacak patlayıcı madde miktarı ve uzaklıklar dikkate alınarak geliştirilmiş ampirik denklemler yardımıyla (Yılmaz, 2016), uygulamada ise yerinde ölçüm yapılarak elde edilen sonuçların kabul edilebilir sınır değerlerle karşılaştırılması suretiyle etki değerlendirilmesi yapılır. Bu çerçevede; bu çalışmada Hatay İlinde faaliyet gösteren bir kalker ocağı örnek seçilerek kalker ocağı faaliyetleri ve yakın çevresi hakkında teknik bilgiler verilmiş, devamında patlatmalardan kaynaklı titreşim, hava şoku ve taş fırlama mesafesinin farklı yöntemlere göre tahminleri ve ölçümleri yapılmıştır. Tahminler ve ölçümler T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2018 yılında yayınladığı "Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu" esas alınarak irdelenmiştir.

2. KALKER OCAĞI VE ÇEVRESİNE İLİŞKİN GENEL BİLGİLER

Kalker ocağı Şekil 1'de detaylı konumu verilen Hatay İli Merkez Kuruyer Köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Kalker ocağında delme-patlatma yoluyla gevşetilen kalker, kırma-eleme tesisine getirilerek çeşitli boyutlara indirilmektedir.

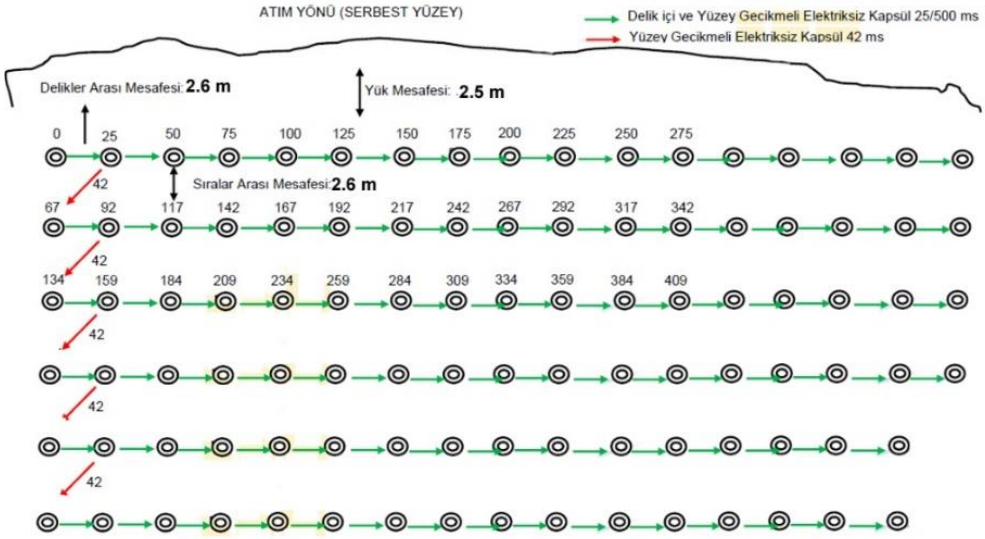


Şekil 1. Kalker ocağı ve çevresinin jeolojisi (Herece, 2008)

Kalker ocağı kireçtaşı olan Okçular formasyonu içerinde yer almaktadır. Tektonizmanın yoğun yaşandığı alanın doğusunda ofiyolitik kayaçlar, batısında ise kumtaşı ve çakıltaşı gibi birimler yer almaktadır (Şekil 1). Kalker ocağının sınırlarına en yakın yerleşim birimleri olarak 305 m uzaklıktaki müstakil iki katlı bir konut mevcuttur.

Kalker ocağında Olofsson (1991)'e göre hesaplanmış her biri 76 mm çapında,10.75 metre derinliğinde, bir atımda toplam 100 delikte, delik başına yaklaşık

31.00 kg. ANFO, 0.5 kg dinamit, 1 adet elektriksiz kapsül kullanmak suretiyle patlatma faaliyetleri yürütülmektedir (Şekil 2). Deliklerde toplam şarj boyu 8.65 m, sıkılama boyu ise 2.1 m olmaktadır.



Şekil 2. Kalker ocağı patlatma faaliyeti delik geometrisi

3. PATLATMA KAYNAKLI TİTREŞİMLERİN ANALİZİ

Patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının önceden tahmin edilmesi amacıyla başlıca Duvall vd., (1958;1962) , Davies vd., (1964), Ambraseys ve Hendron (1968), IS (1973), Langefors ve Kihlström (1978), Ghosh ve Daemen (1983), Roy (1993) tarafından birçok araştırma yapılmış, elde edilen bulgular ışığında parçacık hızı bileşenleri tahmininde patlayıcı madde miktarı (W) ve mesafeye (D) bağlı olarak farklı eşitlikler bulmuşlardır. Literatür de sıklıkla önerilen bu eşitlikler aşağıda sunulmuştur.

Duwall vd., (1958; 1962), $PPV = k.\left[\frac{D}{\sqrt{W}}\right]^{-\beta}$ (Eşitlik 1)

Davies ve ark. (1964), $PPV = kR^{-\beta}W^{A}$ (Eşitlik 2)

Ambraseys ve Hendron (1968), $PPV = k.\left[\frac{D}{W^{\frac{1}{3}}}\right]^{-\beta}$ (Eşitlik 3)

IS (1973), $PPV = k.\left[\frac{D}{W^{\frac{2}{3}}}\right]^{\beta}$ (Eşitlik 4)

Langefors ve Kihlström (1978), $PPV = k.\left[\frac{\sqrt{W}}{D^{\frac{2}{3}}}\right]^{\beta}$ (Eşitlik 5)

Ghosh ve Daemen (1983), $PPV = k\left[\frac{D}{\sqrt{W}}\right]^{-\beta} e^{-\alpha.D}$ (Eşitlik 6)

Ghosh ve Daemen (1983), $PPV = k\left[\frac{D}{W^{\frac{1}{3}}}\right]^{-\beta} e^{-\alpha.D}$ (Eşitlik 7)

Roy (1993), $PPV = n + k\left[\frac{D}{\sqrt{W}}\right]^{-1}$ (Eşitlik 8)

ISEE (2011) birçok ülkede yapılmış olan binlerce ölçüm, izleme ve istatistiki analiz sonucunda patlatma kaynaklı yer titreşimi tahminine yönelik genel olarak Eşitlik (1)'in kullanılmasını önermektedir.

Bu eşitlikte; PPV maksimum parçacık hızı (mm/sn), "*D*" patlatma noktasından uzaklık (metre), "*W*" gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı (kg), "*k*" yer iletim katsayısı ve "*β*" jeolojik sabiti temsil eder.

Oriard (1982) "*n*" sabitinin yaklaşık olarak 1.6 ve "*k*" sabitinin 26-960 arasında değişen değerler alabileceğini önermiştir. New (1996) ise "*k*" ve "*n*" sabitlerinin sırasıyla 700-2000 ve 1.5-2 değerleri arasında değişebileceği belirtilmiştir. "*k*" ve "*n*" sabitlerini belirlemek için ölçülmüş saha-spesifik veri olmadığında, "*k*" değeri kayanın fiziksel özellikleri ve patlamanın sıkılama derecesi baz alınarak tahmin edilebilir.

USBM (18) ve OSMRE (2004) tarafından yapılan veya yararlanılan çok sayıda titreşim ölçüm sonuçlarının analizi sonucunda bazı madencilik türleri ve patlatma yapılan işkollarında geçerli, yer titreşimi tahmin formülleri aşağıda Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Farklı Madencilik Türleri İçin Geçerli Titreşim Tahmin Formülleri (ÇSB, 2017)

Patlatma türü	Metrik Formül, mm/s	Kaynak
Genel	$P = 1140 \times SD^{-1.6}$	Dupont
Taş ocağı	$P = 1090 \times SD^{-1.82}$	USBM
Kömür madeni	$P = 905 \times SD^{-1.52}$	USBM
Kömür (düşük frekanslı sahalar)	$P = 1252 \times SD^{-1.31}$	USBM

Saha sabitleri, *K* ve *n*, sahada aletsel olarak ölçülerek elde edilen çok sayıda *maksimum parçacık hızı* (*PPV*) ve *ölçekli mesafe* (S*D*) değerleri Eşitlik 1'de verilen bağıntıya uygun olarak yapılacak regresyon analizinden de elde edilebilir (Costa vd., 1996). Parçacık hızı tahmin denkleminin güvenilir olması için kararlılık katsayısı (R^2) değerinin 0.7'den büyük olması gereklidir (Kahriman, 2004).

Ölçekli mesafe (**S**caled Distance) tanımı, *fiziki mesafe (D)*'nin uygulamada *anlık patlatılan miktar (W)*'ın kareköküne bölümü ile elde edilir. Kısaca *SD* sembolü ile ve aşağıdaki eşitlik ile bulunur.

$$SD = D/\sqrt{W} \qquad \text{(Eşitlik 9)}$$

Şekil 1'de verilen patlatma yapılacak sınırlar dikkate alındığında en yakın yapı *D= 305 metre* uzaklıkta betonarme bir müstakil tek katlı konuttur. Anlık patlatılan patlayıcı madde miktarı ise *W=31.50 kg'dır*. Dolayısıyla;

$SD = 305/\sqrt{31.5} = 54.34$ metre olarak bulunur.

Tahmin edilecek olan (veya ölçülen) en yüksek (tepe) titreşim seviyesi olan PPV değeri düşük frekanslı sismik dalgalar ve Çizelge (1)'de taş ocağı patlatma türü ve *SD=54.34* metre ölçekli mesafesi için hesaplandığında:

$PPV = 1090 \times SD^{-1.82} = 1090 \times 54.34^{-1.82} = 0.757$ *mm/sn* olarak bulunur.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü'nün 2018 yılı yayınladığı ***"****Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu"* nda yer almayan ama patlamayla oluşan titreşimin çevredeki yapılara etkisinde sıklıkla kullanılan bir diğer bağıntı ise Devine bağıntısıdır (Devine vd., 1966). Bu bağıntı patlatma kaynağı ile hassas nokta arasındaki jeolojik birimlerin değişkenliği, fay, çatlak, kırık gibi süreksizliklerin yoğunluğuna göre hesaplama imkânı sunmaktadır.

$$V= k(D/\sqrt{W})^{-1,6} \qquad \text{(Eşitlik 10)}$$

V: Kayaç İçinde Yayılan Titreşim Hızı (inç/sn)

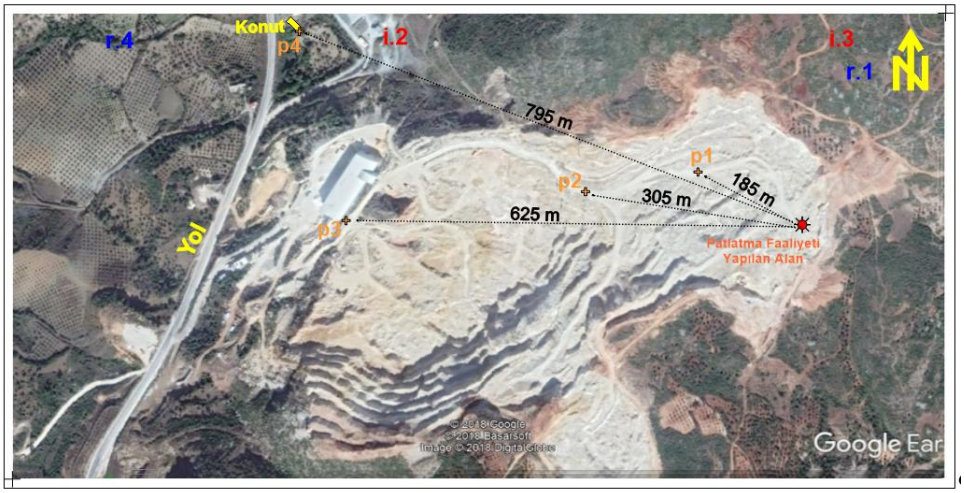
k: Kayaç Türüne Bağlı Katsayı (26–260)

Kayacın titreşimi iletme kapasitesi "*k*" katsayısı olarak alınmaktadır. Patlatma kaynağı ile hassas nokta arasındaki birimlerin değişkenliği, fay, çatlak, kırık gibi süreksizliklerin yoğunluğu k katsayısını etkilemektedir. Homojen birimlerde katsayı 260 sayısına yaklaşırken, tektonik etkilerin yoğunluğu ve geçilen her farklı birim katsayıyı 26 sayısına yaklaştırmaktadır. "*k*" katsayısı en kötü ihtimal düşünülerek hesaplamalarda 260 olarak alınmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Mesafeye Göre Titreşim Hızı Değerleri

Mesafe (metre)	Patlayıcı Miktarı,W (kg)	V (mm/sn)	V_o (mm/sn)		
			V/5	V/2	V/5-V/2
107	31.5	16.616	3.323	8.308	4.985
185	31.5	6.919	1.384	3.460	2.076
305	31.5	3.109	0.622	1.555	0.933
625	31.5	0.987	0.197	0.493	0.296
795	31.5	0.671	0.134	0.336	0.201

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğine göre farklı dalga frekansları için izin verilen üst sınır zemin titreşim hızı 1 Hz hakim frekansında 5 mm/s olarak görülmektedir (ÇSB, 2017, Mert ve Yürek, 2019). Bu değer ancak 107 metreden uzaklıktaki patlatmalarda görülür. Patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin yönsel değişiminin değerlendirilmesi için 1 patlatmada 4 ayrı noktadan aynı anda ölçüm alınarak sismik dalganın hakim frekansı ve hızı tespit edilmiştir (Şekil3; Çizelge 3).

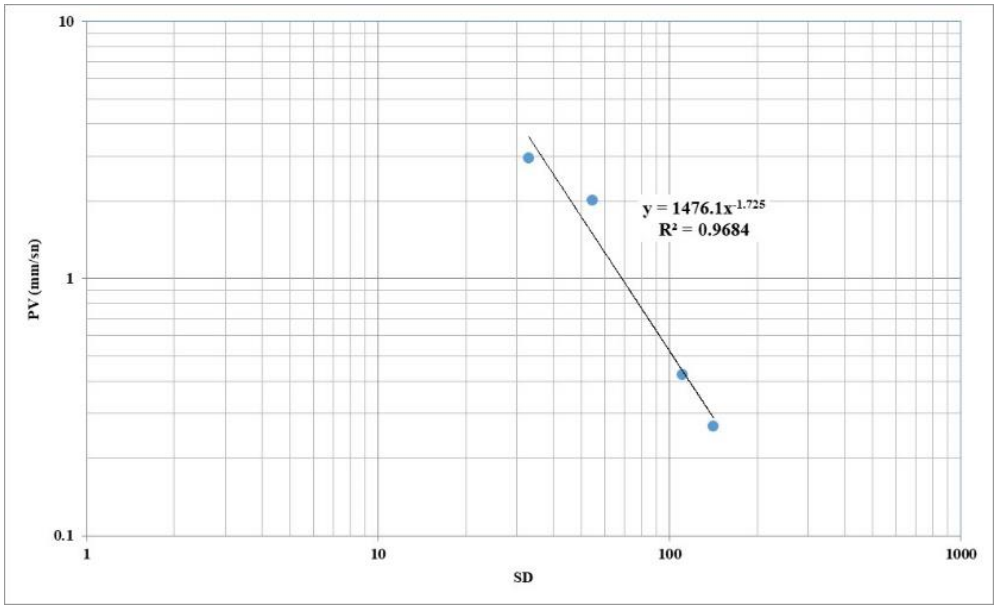


Şekil 3. Patlatma Yapılan Nokta ve Ölçüm Alınan Noktaları Gösterir Harita

Çizelge 3. Zeminde Ölçülen Titreşim Sonuçları

Ölçüm No	Zeminde Ölçülen Titreşim Parçacık Hızı (mm/s)				Patlayıcı Miktarı Q (kg)	Fiziki Mesafe D (m)	Ölçekli Mesafe SD
	Yatay	Düşey	Boyuna	PPV			
p1	1.525	2.944	2.007	2.944	31.50	185	32.96
p2	0.938	2.019	1.372	2.019	31.50	305	54.34
p3	0.266	0.423	0.366	0.423	31.50	625	111.36
p4	0.267	0.166	0.214	0.267	31.50	795	141.65

Verilerden hareketle; ölçülen maksimun parçacık hızı ile ölçekli mesafe veri çiftleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda, bölgede yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında, parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahasının sabitleri aşağıdaki formüllerle ifade edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Yapılan atımda ait PPV-SD İlişkisi

$PPV = 1476.1 * SD^{-1,725}$ $(R^2 = 0,9684)$

$R = 0.9840$ değeri ile oldukça yüksek bir korelasyon katsayısı ile sonuçlanmış olan bu eşitlik, bölgede titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşimin hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede önemli bir yaklaşım olarak kullanılabilir. Bu eşitliğe göre patlatma noktasından 150 metreden daha uzak olan yerleşim birimlerinde vibrasyon sonucu olumsuz bir etkinin olmayacağı sonucu ortaya çıkmaktadır.

4. HAVA ŞOKU TAHMİNLERİ VE ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü'nün 2018 yılı yayınladığı *"Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu"*nda hava şoku tahmin formülünün genel formu aşağıda sunulan formül şeklinde verilmektedir.

$P = k\,(D/W^{\wedge}1/3)^{-\beta}$ Eşitlik (11)

Bu eşitlikte;

"*P*" Tahmin edilecek olan (veya ölçülen) en yüksek (tepe) hava şoku (hava basıncı) seviyesidir. Hava şoku (ya da hava yüksek basıncı), bir basınç birimi olan Paskal (sembolü, *Pa* veya N/m^2), veya diğer basınç birimleri olan milibar (sembolü, *mb*) veya *libre/inç*^{2} *(psi)* ile ifade edilir.

Patlatma kaynaklı yüksek hava basıncı; ses eşdeğeri olarak desibel birimi ve *dB* sembolü ile de ifade edilebilir. Ses eşdeğeri desibel cinsinden, patlatma sırasında ölçülmüş yüksek basınç, *P*'nin, patlatma öncesinde ölçülmüş normal hava basıncı, P_0'a, oranının logaritmasının 20 ile çarpımı şeklinde ve aşağıda sunulan formül ile hesaplanabilir.

$P_s = 20 * log(P/P_0)$ Eşitlik (12)

Milibar cinsinden ölçülmüş hava şoku değerini desibele çevirmek için $SPL_{dB}=20 \times Log\ P_{mb} + 134,1$ Paskal cinsinden ölçülmüş hava şoku değerini desibele çevirmek için $SPL_{dB}=20 \times Log\ P_{N/m^2} + 94$ formüllerinden yararlanılabilir (Siskind, 2000).

"k" Patlatma sonucu oluşan sonik basınç dalgalarının inceleme konusu yerde havada (atmosferde) yayılması ile ilgili bir katsayıdır.

"D" Patlatma noktası ile sözkonusu inceleme noktası (veya ölçüm noktası veya cam kırılması biçiminde veya sıva çatlağı vb. biçimde hasar görmesi olası yapı) arasındaki fiziki uzaklık olup, metrik sistemde birimi *metre (m)*'dir.

"W" Patlatma yapılan madende anlık (gecikme başına) patlatılan patlayıcı madde miktarı olup, metrik sistemde birimi *kilogram (kg)* dır.

Ölçekli mesafe (*Scaled Distance, SD*) tanımı, fiziki mesafe (*D*)'nin uygulamada anlık patlatılan miktar (*W*)'ın *küp köküne* bölümü ile elde edilir.

$SD = D/W^{1/3}$ Eşitlik (13)

Bu durumda proje alanına en yakın yerleşim yeri 305 m ve uygulamada anlık olarak (gecikme başına) 31.5 kg patlatılıyor ise;

$SD = D/W^{1/3} = 305/31.5^{1/3} = 96.57\ m$ olarak bulunur.

Hava şoku tahmininde kullanılan formüller Blasters' Handbook isimli kitapta verilmiş olup; aşağıda Çizelge 4'te sunulmuştur. Burada verilen formüller *metrik* ölçü sistemi için geçerlidir. Çünkü formüllerde yer alan "*k*" ve "*β*" katsayıları metrik sisteme göre uyarlanmıştır.

Çizelge 4. Farklı Madencilik Türleri İçin Geçerli Hava Şoku Tahmin Formülleri

Patlatma türü	Metrik Formül, Mbar	Kaynak
Kömür Madeni (Arakesme Patl)	$P = 2596 \times SD^{-1.62}$	USBM RI 8485
Kömür Madeni, (Şev öteleme patlatması)	$P = 5.37 \times SD^{-0.79}$	USBM RI 8485
Taşocağı basamak patlatması	$P = 37.1 \times SD^{-0,97}$	USBM RI 8485
Metal Madeni	$P = 14.3 \times SD^{-0.71}$	USBM RI 8485

Çizelge 4'de verilen farklı madencilik türleri ve patlatma yapılan işkolları için geçerli hava şoku tahmin formülleri dikkate alındığında, taş ocakları için;

$P = 37.1 \times SD^{-0,97} = 37.1 \times 96.57^{-0,97} = 0.440$

Milibar cinsinden ölçülmüş hava şoku değerini desibele çevirmek için ;

$SPLdB = 20 \times Log\ Pmb + 134,1 = 20 * log(0.440) + 134,1 = 126.98\ dB$

5. TAŞ SAVRULMASI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Taş savrulması hava şoku sorunu gibi patlayıcının kaya kitlesi içine yeterince gömülmemesi, hapsedilmemesi durumunda meydana gelir. Literatürde sık kullanılan

basit bir formül Lundberg ve arkadaşları tarafından 1975 yılında geliştirilmiş olup, bu formülün orijinal hali aşağıda verilmiştir.

$L_{max}=260\ d^{2/3}$ Eşitlik (13)

Bu eşitlikte; "L_{max}" en kötü durumda taşların savrulabileceği uzaklık olup metre biriminde ifade edilir.

"d" ise delik çapı olup, Lundborg formülüne *inç* birimi ile yerleştirilir.

d = 3 inç (76 mm) ise;

$L_{max}=260\ d^{2/3} = 260.(3)^{0,667}=260 \times 2,30=540,01$ m bulunur.

Blasters' Handbook isimli kitabın 387. sayfasında Lundborg ve arkadaşlarının formülü metrik sisteme uyarlanmış hali ile $L_{max}=30\ d^{0,667}$ şeklinde verilmiş olup bu formülde delik çapı d milimetre olarak alınmaktadır.

D = 76 mm ise $L_{max} = 30 \times d^{0,667} = 30.(76)^{0,667} = 539,91$ m olarak hesaplanır.

Krater patlatmaları tasarlayıp uygulayarak, bir başka deyişle patlayıcı maddeyi farklı derinliklerde gömerek patlayıcı miktarına da bağlı olarak taş savrulması oluşturma veya oluşturmama amaçlı test patlatmaları yapan Chiepetta ve arkadaşları "ölçekli gömme derinliği" kavramını geliştirilmiştir. Bu kavram azami taş savrulma mesafesi hesabı için ikinci bir yöntem oluşturulması olanağı vermiştir.

Ölçekli gömme derinliği ($SDOB_m$) formülü (Metrik sistem):

$$SDOB_m = \frac{l_s + 0.0005 \times m \times d}{0.00923 \times (m \times d^3 \times \rho_e)^{0.333}}$$ Eşitlik (14)

Bu formülde;

$SDOB_m$ metrik sistemde gömme derinliği, birimi ($m/kg^{0.333}$),

l_s sıkılama uzunluğu, birimi (m),

d delik çapı, birimi (mm),

m katkıda bulunan patlayıcı kolon (şarj) uzunluğu, (aşağıdaki eşitliğe bkz)

ρ_e patlayıcı yoğunluğu, birimi (g/cm^3)

"*m*" 'nin azami değeri, delik çapı 100 mm'den (4 inç'ten) küçük olduğunda 8'dir.

"*m*" 'nin azami değeri, delik çapı 100 mm'den (4 inç'ten) büyük veya eşit olduğunda 10'dur.

$$m_m = \frac{1000 \times l_c}{d}$$ Eşitlik (15)

Bu formülde;

m_m katkıda bulunan patlayıcı kolon (şarj) uzunluğu (delik çapı cinsinden),

l_c patlayıcı kolon (şarj) uzunluğu, birimi (m),

d delik çapı, birimi (mm)

Azami taş savrulması mesafesi, $L_{max} = 11 \times (SDOB_m)^{-2,167} \times d^{0,667}$

Bu durumda, 76 mm çapındaki patlatma deliği içindeki patlayıcı kolonunun (şarjın) uzunluğu 8.65 m, delik ağzı sıkılama uzunluğu 2,1 m ve deliğe konulan emülsüyon tipi patlayıcı maddenin yoğunluğu 1,2 g/cm^3 ise, azami taş savrulması;

Şarj boyu / delik çapı oranı = $m_m = (1000 \times 8,65) / 76 = 113$ olup 10'dan büyüktür. Bir başka deyişle şarj uzunluğu delik çapının 10 katından büyüktür ve delik çapı 100 mm'den küçüktür. Bu nedenle *m=8*'dir.

Metrik sistemde ölçekli gömme derinliği hesabı:

$$SDOB_m = \frac{2.1 + 0.0005 * 8 * 76}{0.00923 * (8 * 76 * 0.8)^{0.333}} = 1,854$$

Azami taş savrulması mesafesi hesabı:

$L_{max} = 11 \times (1,854)^{-2,167} \times 76^{0,667} = 51,80\ m \approx 52\ m$ olarak bulunur.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Hatay İli Merkez Kuruyer Köyü civarında yer alan kalker ocağında yapılan patlatmaların titreşim, hava şoku ve taş fırlatması açısından olası çevresel etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar şu şekildedir;

> T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü'nün 2018 yılı yayınladığı *Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzun*da yer alan formülüzasyonlara göre yapılan tasarım ve hesaplamalarda toplam *100* delikte, delik başına yaklaşık *31 kg* ANFO, *0.5* kg dinamit, 1 adet elektriksiz gecikmeli kapsül kullanmak suretiyle gerçekleştirilen patlatmalardan kaynaklı titreşim hızı yaklaşık *107* metreden itibaren *5 mm/sn'* nin altına inmektedir. Tahmin edilecek olan veya ölçülen en yüksek titreşim seviyesi olan PPV değeri düşük frekanslı sismik dalgalar ve taş ocağı patlatma türü vile *SD=54.78* metre ölçekli mesafesi için hesaplandığında ise $PPV = 1090 \times SD^{-1.82} = 1090 \times 54.78^{-1.82} = 0.746\ mm/sn$ titreşim hızı değeri elde edilmiştir. Net bir değerlendirme yapabilmek için, kalker ocağında titreşim ölçümü yapılmış, sismik dalgalar kaydedilmiş, sismik dalgaların hakim frekansı ve hızı tespit edilmiştir. Yapılan analizlerle bölgede yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında, parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen en yüksek titreşim seviyesi formülü $PPV = 1476.1 * SD^{-1,725}$ olarak elde edilmiştir. Bu eşitliğe göre *150* metreden daha uzak olan noktalarda yapılan patlatmalar sonucu oluşan vibrasyonun yerleşim birimlerine olumsuz etkisinin olmayacağı sonucu ortaya çıkmaktadır.

> Anlık *31.5 kg* patlayıcı madde delik içine yerleştirilip sıkılama yapılarak patlatma yapıldığında, bu patlatmanın *305 m* uzaklıktaki binada *0.440 milibar (126.98 dB hava basıncı)* basınç oluşturacağı hesaplanmıştır. Bu değer T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü'nün 2018 yılı yayınladığı *Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzundaki* önerilen karşılaştırmalara göre değerlendirildiğinde izin verilen *133 dB* sınır değeri aşmadığı görülür. Nitekim söz konusu konuta *795 m* uzakta yapılan ölçümde hesaplanan değer *118.88 dB* değere karşılık *121 dB* ölçüm alınmıştır. Bu durum $P = 37.1x\ SD^{-0,97}$ hava şoku tahmin formülünün kalker ocağı için güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.

> Maksimum taş fırlama mesafesi *52 m* olarak hesaplanmıştır. Faaliyet alanına en yakın yerleşim yeri faaliyet alanının *305 m* uzaklığında yer almaktadır. Dolayısıyla taş fırlamasından kaynaklı olumsuz etkilenmesi söz konusu değildir sonucu çıkarılabilir.

KAYNAKLAR

Abraseys, N. and Hendron, A., (1968). "Dynamic Behavior of Rock Masses," in Rock Mechanics in Engineering Practice, Stagg and Zienkiewicz, Eds. (John Wiley & Sons, Inc., New York), pp. 203-236.

Costa, E., Silva, V. and Ayderes Da Silva. L. A., (1996). "Practical Ways to Reduce Environmental Rock Blasting Problems", Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production. SWEMP., Cagliari, Italy.

ÇSB (2017). Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi İçin Teknik Yardım Projesi, Çevresel Etkiler ve Alınacak Önlemler Kılavuzu, Madencilik Projeleri, Aralık 2017

Davies, B., Farmer, I. W. and Attewell, P. B. (1964). Ground vibration from shallow sub-surface blasts. Engineer, 217(5644).

Devine, J. F., Beck, R. H., Meyer, A. V. and Duvall, W. I. (1966). Effect of charge weight on vibration levels from quarry blasting. Cell, 724, 8143.

Dowding, C. H. (1985). Blast vibration monitoring and control (Vol. 297). Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Duvall, W. I. and Fogelson, D. E. (1962). Review of criteria for estimating damage to residences from blasting vibrations (p. 5968). US Department of the Interior, Bureau of Mines.

Duvall, W. I. and Petkof, B. (1958). Spherical propagation of explosion-generated strain pulses in rock (No. BM-RI-5483). Bureau of Mines.

Ghosh, A. and Daemen, J. J. (1983). A simple new blast vibration predictor (based on wave propagation laws). In The 24th US symposium on rock mechanics (USRMS). American Rock Mechanics Association.

Herece, E. (2008). Doğu Anadolu Fayi (DAF) Atlasi, Maden Tetkik ve Arama Genel Mudurluğu, Özel Yayın Serisi, 13.

IS 6922, (1973). Criteria for safety and design of structure subject to underground blast. New Delhi, India: Bureau of Indian Standards.

ISEE Blasters' Handbook, (2011). International Society of Explosives Engineers, Stiehr, J.F.(Ed.), Cleveland, Ohio, USA, 18th Edition, 1030 pages.

Kahriman, A. (2004). Analysis of parameters of ground vibration produced from bench blasting at a limestone quarry. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24(11), 887-892.

Langefors, U. and Kihlstrom, B., (1978). The Modern Technique of Rock Blasting, 3rd ed. (Halsted Press, a Division ot John Wiley & Sons, Inc.,New York), 438 pp.

Mert, B.A. ve Yürek, D. (2019). Patlatmalı temel kazılarında patlayıcı yük hesabı ve titresim analizi: Hatay Ili Mansurlu Huzurevi kampüs insaatı örnegi. International Conference on Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering (iSTE-CE'xx2019), 1-13.

Mesec, J., Kovač, I. and Soldo, B. (2010). Estimation of particle velocity based on blast event measurements at different rock units. Soil dynamics and earthquake engineering, 30(10), 1004-1009.

Nateghi, R. (2011). Prediction of ground vibration level induced by blasting at different rock units. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 48(6), 899-908.

New B.M. (1996). Ground vibration caused by civil engineering Works. Research Report 53, Transport and Road Research Laboratory, Department of Transport, Berkshire.

Olofsson, S.O., (1991), Applied Explosives Technology for Construction and Mining, Arla, Sweden, 2nd Edition, 304 pages.

Oriard L.L. (1982). Blasting effects and their control, SME Handbook. Littleton, Colorado, pp. 1590-1603.

OSMRE (2004). Federal Regulations. Code of Federal Regulations 30 CFR Part 700.

Roy, P. (1993). Putting ground vibration predictions into practice. Colliery Guardian, 241(2), 63-7.

Singh, P. K., Vogt, W., Roy, P. P. And Singh, D. P. (1996). Prediction and control of ground vibration in a dolomite quarry in India. Braunkohle-Surface Mining, 48(4), 391-398.

USBM, Siskind, D. E. (1980). Structure response and damage produced by ground vibration from surface mine blasting (p. 74). New York, NY, USA: US Department of the Interior, Bureau of Mines.

Yilmaz, O. (2016). The comparison of most widely used ground vibration predictor equations and suggestions for the new attenuation formulas. Environmental earth sciences, 75(3), 269.

Zhu Z, Mohanty B. and Xie H. (2007). Numerical investigation of blasting-induced crack initiation and propagation in rocks. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 44(3): 412–424.

SONDAJ UYGULAMALARINDA ÇİMENTO HARÇ KATKISI: PİRİNÇ KABUĞU KÜLÜNÜN MEKANİK DAYANIMA ETKİLERİ

Elif Semin CEYLAN
İskenderun Üniversitesi

Bayram Ali MERT
İskenderun Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışmada sondaj uygulamalarında kullanılan çimento şerbetinin basınç dayanımını artırmaya yönelik pirinç kabuğu külü katkısının etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında çimento şerbeti içerisine çimento ağırlığınca %5, 10, 15 ve 20 oranlarında pirinç kabuğu külü eklenip, elde edilen numunelerin basınç dayanımları araştırılmıştır. Deneyler için biri kontrol numunesi olmak üzere toplam beş grup çimento şerbeti numunesi, belirlenen oranlarda pirinç kabuğu külü ilave edilerek hazırlanmıştır. Her grubun deneyleri 3'er kez tekrar edilerek 7, 14 ve 28 günlük eğilme ve basınç mukavemetleri tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen deneysel bulgular, pirinç kabuğu külü katkısının çimento harcının mekanik özelliklerinin gelişmesinde oldukça etkili olduğu ve oranlardaki artışla birlikte harcın eğilme ve basınç mukavemetinde kayda değer artışlar meydana getirdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çimento Şerbeti, Pirinç Kabuğu Külü, Sondaj, Çimentolama

Cement Slurry Additive in Drilling Applications: Effects of Rice Husk Ash on Mechanical Strength

ABSTRACT: In this study, the effects of rice husk ash additive on compressive strength of cement slurry used in drilling applications were investigated. Within the scope of the study, the rice husk ash 5, 10, 15 and 20% by weight of the cement was added to the cement slurry and compressive strength of the samples were investigated. For the experiments, a total of five groups of cement slurry samples, one of which was a control sample, were prepared by adding rice husk ash in the specified ratios. Flexural and compressive strengths of these samples were determined by repeating 3 times at 7, 14 and 28 days after curing in water at 21 ± 1 ° C. The experimental findings obtained from this study showed that the addition of rice husk ash was highly effective in

improving the mechanical properties of cement slurry. The results also indicated that there was a significant increase in the flexural and compressive strength of slurry with the increase of rice husk ash.

Keyword(s): Cement Slurry, Rice Husk Ash, Drilling, Well Cementing

1. GİRİŞ

Sondaj faaliyetlerinde kuyu tamamlama operasyonlarından biri olan çimentolama sondaj kuyusu için büyük önem arz etmektedir. Çimentolama operasyonu 1900'lü yıllardan günümüze petrol, doğalgaz ve jeotermal kuyularının muhafaza edilmesi için kullanılan bir yöntemdir (Güner ve Öztürk, 2015:445).Yüksek sıcaklık ve basınç parametreleri sondaj çalışmaları esnasında son derece teknik ve düzenli çalışmayı gerekli kılmıştır. Bu faktörler çimento ve çimentolamayı doğrudan etkiler (Özüdoğru, 1996:97).

Çimento'nun sıcaklık ve basınçtan etkileneceği göz önünde bulundurularak çimento şerbetinin içerisine mühendislik açısından değerlendirildiğinde maliyeti uygun aynı zamanda da atık olarak kullanılan, % 92 oranında SiO_2 içeren pirinç kabuğu külü çimento harcının içerisine çimento ağırlığınca eklenmiştir. Çimento harcı içerisine eklenen pirinç kabuğu külü (P.K) çimento mukavemetini artırmayı hedefleyerek, deneysel çalışma ve araştırmalar yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak; numune hazırlamak için G sınıfı çimento, pirinç kabuğu külü ve su, deneylerin yapılması için ise basma ve eğilme dayanımı test cihazı, hassas terazi ve numune hazırlama kalıpları kullanılmıştır.

2.1.1. G Sınıfı Çimento

Sondaj sırasında gerek kazılan formasyonların yıkılmasını önlemek gerekse hedeflenen sondaj derinliğine ulaşabilmek için kuyu içine muhafaza boruları indirilerek formasyonlara sabitlenir. Boruların dış çeperi ile formasyon arasındaki bu bağlantıyı sağlayacak madde ise çimento ve su karışımından oluşan çimento şerbetidir. Farklı kaynaklarda değişik sınıflandırmalar yapılarak adlandırılmış olan çimento türlerine rastlanılabilmektedir. Günümüz endüstrisinde kullanım alanına ve ihtiyaca göre değişik özelliklerde çimento üretilebilmektedir. Çimento türleri portland çimentosu, yüksek fırın cüruf çimentosu, traslı çimento, katkılı çimento ve diğer çimentolar

olmak üzere beş farklı sınıfa ayrılmaktadır (Yalçın ve Gürlü, 2006). Petrol endüstrisinde kullanılan standartlar API tarafından belirlenmiş olan API SPEC 10 A ve API SPEC 10 B-2' dir. Bu standartlar çimentonun yoğunluk, donma zamanı, su kaybı, viskozite ve basınç dayanımı özelliklerini belirler (API Spec 10A; API RP 10B-2; API RP 10B-5). API petrol endüstrisinde kullanılan çimentoları A'dan H'ye kadar olmak üzere, kullanım şartlarına göre yedi sınıfa ayırmıştır. Bunların içerisinden G sınıfı çimento yüksek sülfat direnci nedeniyle bu çimentolar arasında kuyu muhafazası amacıyla yaygın olarak kullanılan bir çimento türüdür (Nelson ve Guillot, 2006; Guner ve Ozturk, 2015:445). G sınıfı çimento kullanılarak 0-2440 m aralığında çimentolama yapabilmektedir. Kullanıldığı kuyu sıcaklık aralığı 0-93 °C'dir (Guner ve Ozturk, 2015:446). Petrol ve gaz kuyularında; basınç dayanımı, sıvı kaybı kontrolü, kalınlaşma süresi gibi özellikleri kontrol etmek için G sınıfı çimento kullanımı uygundur (Schlumberger, 1984).

2.1.2. Pirinç Kabuğu Külü

Sondaj sektöründe kullanılan 40'ın üzerinde çimento katkı maddesi vardır. Bu katkı maddeleri genellikle yoğunluk, donma zamanı ve su kaybı kontrolü için kullanılan katkılar olduğu görülür. Katkı maddeleri çimentoya eklenirken çimento ağırlığınca yüzde olarak belirtilerek çimentoya katılır. Sektörde pek çok farklı firmanın değişik isimlerle adlandırdığı katkı maddeleri mevcuttur. Bu katkılardan bazılarının fiziksel özellikleri ve kullanım amaçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Bazı katkı maddelerinin fiziksel özellikleri (Özyurtkan, 2012)

Malzeme Adı	Yığın Yoğunluğu (lbm/cuft)	Özgül Ağırlık	Özellik
Barite	135	4,23	Ağırlaştırma
Bentonit (jel)	60	2,65	Hacim arttırma ve ağırlığı azaltma
Kalsiyum Klorür (toz)	51	0,84	Hızlandırıcı - Donma zamanı azaltma
Cal-Seal 60	75	2,70	Hızlandırıcı - Donma zamanı azaltma
CFR-3	38	1,17	Viskozite kontrol
CFR - 6	43	1,3	Viskozite kontrol

HALAD - 9	37,2	1,22	Su kaybı kontrol
HALAD – 322	35,2	1,28	Su kaybı kontrol
HR – 800	48	1,85	Donma zamanı geciktirici
NF – 6	48	0,925	Köpük önleyici
Tuz (NaCl)	71	2,17	Donma zamanı azaltma
Silika Unu	70	2,63	Dayanım arttırıcı

Bu çalışmasının amacı jeotermal kuyuların çimentolanması sırasında ortaya çıkan çimento geçirgenliğinin önlenmesi ve katkı maddelerinin çimento dayanımı üzerine olan olumsuz etkilerinin azaltılması ve/veya ortadan kaldırılmasıdır. Bu amaca ulaşmak için daha önce çimento ve çimentolama operasyonunda kullanılmamış olan pirinç kabuğu külü katkı maddesi olarak kullanılacaktır. Pirinç, çeltik bitkisinden elde edilen üzerindeki kabuk ve çeltik saplarından çeltik fabrikalarında işlenip ayrıştırılması sonucu elde edilir. Pirinç üzerinde 2 çeşit kabuk bulunmaktadır. İlk kabuk ince zar şeklinde kepek denilen sarımsı renkte bulunarak pirinç tanelerinin etrafını sarmaktadır. Bu kabuk besleyici özelliğinden dolayı pirinç üzerinde bırakılsa da genellikle hayvansal yem olarak kullanılmaktadır. İkinci kabuk pirinç tanelerinin en dış kısmında bulunan kapçık veya kavuz olarak adlandırılan kısımdır (Cook, 1985; 1986). Organik ve inorganik madde bakımından zengin olan bu kabuk aynı zamanda yaklaşık %92 oranında silis SiO_2 içermektedir (Malhotra, 1993).

Pirinç kabuğu, 600 °C fırınlarda kontrollü bir şekilde yakılarak puzolanik bir malzeme olan RHA' yı meydana getirir. Yakılan küllerin rengi açık grimsidir. Yakılan küller tam soğuması için 24 saat bekletilir (Erdoğanlar, 2007).

Tablo 2. Pirinç kabuğu külü analiz sonuçları

Parametre	Sonuç	Parametre	Sonuç
Al_2O_3	0,0897	CO_2O_3	0,0059
SiO_2	91,600	CuO	0,0049
P_2O_5	0,505	ZnO	0,0090
SO_3	0,211	As_2O3	0,0012

CI	0,161	CdO	---
K_2O	5,14	SnO_2	0,0059
CaO	1,38	Sb_2O_3	0,0007
TiO_2	0,0321	BaO	----
V_2O_5	---	PbO	0,0056
Cr_2O_3	0,0056	Ni	0,0022
MnO	0,222	Mo	---
Fe_2O_3	0,641	Na_2O	---

2.2. Metot

2.2.1. Numunelerin Hazırlanması

Çimento şerbeti ile numune hazırlanması için API standartlarına uygun olarak 349 ml saf su (%44) ile 792 g G sınıfı çimento (%56) Utest - Material Testing Equipment mikserinde speed 1 (140 rpm) ve speed 2 (285 rpm) hızlarında karıştırılmıştır. Çimento şerbetinin karışımı speed 1(140 rpm) hızında 6 dakika, speed 2 (285 rpm) hızında 2 dakika karıştırılarak hazırlanmıştır. Daha sonra bu şerbet, 40×40×160 mm hacminde numune kalıplarına dökülerek oda sıcaklığında rüzgardan ve nemden uzak tutularak 1 gün boyunca(24 saat) boyunca kurutulmuştur. Kalıptan çıkarılan numuneler 7, 14 ve 28. Gün deneyleri için numune havuzuna alınarak bekletilmiştir.

2.2.2. Eğilme ve Basınç Dayanımı Deneyi

Bu deneyde iki kabinli BESMAK harç numune press -2010 cihazı kullanılarak numunelerin eğilme ve basınç dayanımları ölçülmüştür. Deneyde kullanılan çimento numuneleri 7,14 ve 28. gün kürlerine göre numune havuzundan çıkarılmıştır. Bu deneyler Ün (2005)'de belirtildiği üzere deney günü gelen numuneler 1 gün(24 saat) öncesinden numune havuzundan çıkarılır. Eğilme mukavemeti ölçülecek olan 40×40×160 mm' lik numune 3 noktadan yüklemeli, en pürüzsüz yüzey metal kırma başlığının üstüne gelecek şekilde dizayn edilir. Kırılan numune iki parçaya ayrılır ve numunenin eğilme değeri not edilerek basınç dayanım testine geçilir.

Basınç dayanım testi 40×40×160 mm numunenin kırılan iki parçası üzerine uygulanarak basınç mukavemet ölçümü yapılır. Kırılan parçalar üzerinde ayrı ayrı ölçümler yapılır. Bir çimento numunesi üzerinde eğilme deneyinde 1 değer, basınç

dayanımı deneyinde 2 değer okunur. İçinde bulunan pirinç kabuğu yüzdesi aynı olan 3 numune için deney tekrarlanır.

Bu çalışmada sırasıyla çimento şerbeti içerisine çimento ağırlığınca % 0, %5, %10, %15 ve %20 pirinç kabuğu külü eklenmiş numunelerinin eğilme ve basınç değerlerinin ölçümü yapılmıştır.

2.2.3. Yoğunluk Tayini

Sondaj uygulamalarında önemli parametrelerden biri de çimento şerbetinin yoğunluğudur. Çimento şerbeti yoğunluğu ±0,1 lb/gal ya da ±0,5 lb/ft^3 hassasiyet sınırları içinde doğru ölçüm yapılmasını sağlayacak API standartlarında bir ölçüm aleti kullanarak tespit edilebilir. Bunun için öncelikle terazinin tüm parçaları deneyin doğruluğu için temizlenir, terazinin haznesi, çimento şerbeti ile doldurulur ve çimento şerbetinin içinde kalan havanın giderilmesi için hazneye yavaşça vurulur. Haznenin üzerine hazne kapağı konularak ve yavaşça çevrilerek yerine oturtulur. Terazi dayanma noktasına yerleştirilerek ve terazinin kolu üzerindeki ağırlık hareket ettirilerek terazinin dengede kalması sağlanıp çimento şerbetinin yoğunluğu ölçülür. Çimento yoğunluğu değeri lb/gal, lb/ft^3, S.G. veya psi/1000 olarak okunabilir ve sonuç olarak çimento şerbetinin (Kontrol numunesi) bu değer 1,89 lb/ft^3 olarak okunur. API standartlarına göre de G sınıfı çimento şerbeti değeri 1,89 lb/ft ^{3} olarak okunur (Vidal vd., 2018:446). Yoğunluk tayini deneyi hazırlanan çimento şerbeti ve çimento şerbeti ağırlığınca içine katılan %5, %10, %15 ve %20 oranlarında pirinç kabuğu külü ile hazırlanan şerbetler için tekrarlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çimento şerbeti için sırasıyla yapılan deneyler eğilme ve basınç dayanımı, sıcaklık deneyi, yoğunluk tayini deneyi, viskozite deneyi ve sıvı kaybı deneyi yapılmıştır.

3.1. Eğilme ve basınç dayanımı

Kontrol, %5 P.K, %10 P.K,%15 P.K ve %20 P.K numuneleri için sırasıyla 7, 14 ve 28.gün eğilme ve basınç değerleri tablolarda verilmiştir.

Tablo 1. Kontrol Numunesi Eğilme ve Basınç Deney Sonuçları

Numuneler		Eğilme değeri, kN	Basınç Değeri – I, kN	Basınç Değeri – II, kN
7. Gün	N-1	0,94	9,8	21,1
	N-2	1,85	57,9	41,5
	N-3	1,96	23,6	20,6
14. Gün	N-1	3,82	12,1	74,0
	N-2	3,72	56,3	52,4
	N-3	3,65	13,6	23,2
28. Gün	N-1	1,91	60,9	60,2
	N-2	2,25	59,8	67,0
	N-3	2,85	61,8	83,8

Tablo 2. %5 Pirinç Kabuğu eklentili numunenin Eğilme ve Basınç Deney Sonuçları

Numuneler		Eğilme değeri, kN	Basınç Değeri – I, kN	Basınç Değeri – II, kN
7. Gün	N-1	3,08	21,3	35,5
	N-2	1,58	48	37,8
	N-3	2,02	41,4	47,3
14. Gün	N-1	1,76	20,2	20
	N-2	2,43	57,9	34,6
	N-3	1,72	22,4	41,9
28. Gün	N-1	1,78	21,8	27,1
	N-2	2,08	11,5	25,2
	N-3	2,95	89	29,3

Tablo 3. %10 Pirinç Kabuğu eklentili numunenin Eğilme ve Basınç Deney Sonuçları

Numuneler		Eğilme değeri, kN	Basınç Değeri – I, kN	Basınç Değeri – II, kN
7. Gün	N-1	2,44	29	46,8
	N-2	2,78	21,3	42,1
	N-3	2,49	50	42,7
14. Gün	N-1	2,29	59	44,3
	N-2	1,67	65	35,1
	N-3	1,77	45,9	40,5
28. Gün	N-1	1,54	45,1	48,2
	N-2	1,88	68,3	56
	N-3	2,87	56	64,4

Tablo 4. %15 Pirinç Kabuğu eklentili numunenin Eğilme ve Basınç Deney Sonuçları

Numuneler		Eğilme değeri, kN	Basınç Değeri – I, kN	Basınç Değeri – II, kN
7. Gün	N-1	2,41	50,1	32,8
	N-2	1,84	15,6	20,1
	N-3	1,13	28,5	32,7
14. Gün	N-1	1,86	10,4	56,7
	N-2	1,18	69,3	49,6
	N-3	1,33	43,3	15,9
28. Gün	N-1	1,60	10,2	9,2
	N-2	1,47	29,2	19,4
	N-3	1,90	77,4	35,4

Tablo 5. %20 Pirinç Kabuğu eklentili numunenin Eğilme ve Basınç Deney Sonuçları

Numuneler		Eğilme değeri, kN	Basınç Değeri – I, kN	Basınç Değeri – II, kN
7. Gün	N-1	2,03	28,1	52,1
	N-2	1,09	52,8	55,4
	N-3	1,93	49,5	48,6
14. Gün	N-1	0,96	54,2	58,6
	N-2	1,29	35,8	21,4
	N-3	1,47	43,2	41,8
28. Gün	N-1	1,18	33,6	19,8
	N-2	1,69	19,9	34,8
	N-3	1,26	57,7	40,6

2.2. Yoğunluk Tayini

5 farklı oranda hazırlanan çimento şerbeti için ayrı ayrı yoğunluk deneyi yapılmıştır. API standartlarına göre G sınıfı çimento 1,89 lb/ft^3'dır. Tablo 2'de çimento şerbetinin deney sonuçları verilmiştir.

Tablo 6. Çimento şerbetlerinin yoğunluk değerleri

Çimento Şerbeti	Yoğunluk Değeri, lb/ft^3
Kontrol	1,89
%5 P. K.	2.0
%10 P. K.	2.2
%15 P. K.	2.4
%20 P. K.	2.5

4. SONUÇLAR

Petrol, gaz ve jeotermal sondajlarda çimentolama operasyonunda basınç ve sıcaklık önemli parametrelerdir. Bu çalışmada yüksek sıcaklık ve basınç etmenlerinin kuyuya olan olumsuz etkilerini minumum seviyeye düşürmek için çimento şerbeti içerisine farklı oranlarda pirinç kabuğu külü eklenerek deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada, ele alınan soruna yönelik sondajlarda kullanılan G sınıfı çimento şerbetinin içerisine daha öncesinde atık olarak kullanılan ve aynı zamanda beton dayanımını artırmaya yardımcı olan pirinç kabuğu külü (P.K) çimento ağırlığınca %5, %10, %15 ve %20 oranında eklenip eğilme-basınç ve yoğunluk deneyleri yapılmıştır. Yapılan bu deneysel çalışmalar sonucunda çimentonun basınç mukavemetinde artış gözlemlenmiştir.

Çimento şerbeti içerisine kuru çimento ağırlığınca eklenen pirinç kabuğu külü miktarı arttıkça çimento şerbetinin yoğunluğunda artış meydana gelmiştir.

KAYNAKLAR

API RP 10B-2 (ISO 10426-2) (2007). Recommended Practice for Testing Well Cements Petroleum and natural gas industries—Cements and materials for well cementing—Part 2: Testing of well cement, American Petroleum Institute, ABD.

API RP 10B-5 (ISO 10426-5) (2005). Recommended Practice on Determination of Shrinkage and Expansion of Well Cement Formulations at Atmospheric Pressure, , American Petroleum Institute, ABD.

API Spec 10A (ISO 10426-1) (2005). Specification for Cements and Materials for Well Cementing Petroleum and natural gas industries—Cements and materials for well cementing—Part 1: Specifications, American Petroleum Institute, ABD.

Cook, D. J. (1985), “Rice-Husk Ash Cements: Their Development and Application”, Vienna, Austria.

Cook, D.J. (1986). Rice husk ash concrete technology and design, cement replacement materials, Surrey University Press, vol. 3, 171-196, U.K.

Erdoğan, S.T. ve Erdoğan, T.Y. (2007). Puzolanik Mineral Katkılar ve Tarihi Geçmişleri, II. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu, 263-275.

Guner, D. and Ozturk, H., (2015). Comparison of Mechanical Behaviour of G Class Cements for different Curing Time, 24th International Mining Congress and Exhibition of Turkey-IMCET'15 Antalya, Turkey, April 14-17, 2015.

Malhotra, V.M. (1993). "Fly Ash, Slag, Silica Fume and Rice Husk Ash in Concrete: A Review," Concrete International, pp. 23-28.

Mazlum, F. (1989). "Pirinç Kabuğu Külünün Puzolanik Özellikleri ve Külün Çimento Harcının Dayanıklılığına Etkisi", İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 129s.

Nelson, E.B. ve Guillot, D. (2006). Well Cementing, Schlumberger Educational Services, Houston, Texas, ABD.

Özüdoğru, S. (1996). Jeotermal Kuyularda Teçhiz ve Çimentolama Casing Design and Cementing in Geothermal Wells, Sondaj Sempozyumu, Izmir, ISBN 975-395-178-7.

Özyurtkan, M.H. (2012). Yüksek Basınçlı ve Sıcak Kuyular İçin Geçirimsiz Çimento Harcı Tasarımı (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Schlumberger, D. (1984). Cementing Technology, Nova Communications Ltd., London, İngiltere.

Smith, D.K. (1990). Cementing, SPE Monograph, 4, Richardson, Texas, ABD.

Ün, H. (2005). Değişik Tip Çimentolarla Hazırlanan Harçların Eğilme Sonrası Basınç Dayanımı İle Doğrudan Basınç Dayanımlarının Karşılaştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(1), 97-109.

Vidal, A.V., Araujo, R. G. and Freitas, J. C. (2018). Sustainable cement slurry using rice husk ash for high temperature oil well. Journal of cleaner production, 204, 292-297.

Yalçın, H. ve Gürlü, M. (2006). Çimento ve Beton, Palme Yayınları, Ankara.

SERALARDA FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN KULLANIMI

Eyyub URAL
Fırat Üniversitesi

Dr. Öğr. Ü. Aydın DİKİCİ
Fırat Üniversitesi

ÖZET: Enerji ülkelerin sosyal zenginliği ve ekonomik gelişimi için önemli bir faktördür. Modern toplulukların var olabilmesi için enerjinin mutlaka kullanılması gereklidir. Günümüzde bir ulusun gelişmişlik düzeyi kişi başına tüketilen enerji miktarına göre değerlendirilir. Ekonomik gelişmeler ve toplumun ilerlemesi daha fazla enerji gereksinimi ihtiyaç duymasına rağmen fosil kaynaklı enerji kaynakları yakın gelecekte tükenecektir ve bu kaynaklar aynı zamanda çevremizi kirletmektedir. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynakları, örneğin güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik, biokütle ve jeotermal küresel enerji gereksinimini karşılayacak sürdürülebilir bir yoldur. Bu enerji kaynaklarının en büyük avantajı ilk, yerel, temiz ve aynı zamanda tükenmez enerji kaynakları olmasıdır. Günümüzde büyük ekonomik gelişme ve hızla artan yaşam kalitesi sonucu olarak Türkiye'de enerji sektörünün her alanında hızlı bir talep artışı olduğu gözlemlenmektedir. Bu talep artışı seralarda da söz konusudur. Bütün bunlar göz önüne alındığında seraların ihtiyaç duyduğu enerjiyi kendisi üretmesi elzemdir. Bu proje Şanlıurfa'da fotovoltaik sistemler kullanılarak seraların elektrik ihtiyacını karşılamaya yönelik bir çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik Sistemler, Sera, Elektrik Üretimi

Use of Photovoltaic Systems in Greenhouses

ABSTRACT: Energy is an important factor for the social richness and economic development of countries. In order for modern communities to exist, energy must be used. Today, the level of development of a nation is evaluated according to the amount of energy consumed per person. Although economic developments and the advancement of society need more energy requirements, fossil source energy sources will be depleted in the near future and these sources pollute our environment at the same time. Therefore, renewable energy sources are a sustainable way to meet the requirements of solar energy, wind energy, hydroelectricity, biomass and geothermal global energy. The biggest advantage of these energy sources is that they are first, local, clean and at the same time inexhaustible energy sources. Today, as a result of greater economic

growth and rapidly increasing quality of life in all areas of the energy sector in Turkey is observed that a rapid increase in demand. This demand increase is also observed in greenhouses. When all this is considered, it is essential that greenhouses produce the energy they need. This project aims to meet the electricity needs of greenhouses by using photovoltaic systems.

Keywords: Photovoltaic System, Greenhouses,

1. GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusuna bağlı olarak gıda maddelerine olan talep de her geçen gün artış göstermektedir. İnsanlar çoğu zaman sebze ve meyveleri mevsimi dışında da tüketmek istemektedirler. Bu artan gıda talebinin karşılanması ve mevsimi dışında sebze ve meyve talebinin karşılanabilmesi için, birim alandan yüksek verimin alındığı seracılık, tüm dünyada her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır.

Seralar, iklime bağlı çevre koşullarının denetimi ile bitki yetiştirilmesine uygun ortamların yaratıldığı tesislerdir. Sera içinde uygun koşulların oluşturulabilmesi ancak, seraların ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve nemlendirme gibi sistemlerle donatılmasıyla mümkün olmaktadır (Kendirli ve Çakmak, 2010).

Yenilenebilir enerji, doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynı mevcut olabilen enerji kaynağını üretmesi olarak tanımlanmaktadır. Fosil yakıtlar, yakılınca biten ve yenilenmeyen enerji kaynakları iken hidrolik (su), güneş, rüzgar, biyokütle ve jeotermal gibi doğal kaynaklar yenilenebilir olmalarının yanı sıra temiz enerji kaynakları olarak karşımıza çıkmaktadır (Kendirli ve Çakmak, 2010).

Bu bağlamda seralarda güneş enerji kullanımı bir kalkınma modeli olarak Şanlıurfa için önemli bir hibrit projedir. Gerek yenilenebilir enerji kullanımı gerekse tarımsal üretimin modern şekilde devamı için seralarda güneş enerji sistemlerinin kullanımı, ülke hedefleri doğrultusunda gelecekte yaşanacak enerji problemlerine şimdiden bir tedbir ve yenilikçi yaklaşımdır.

1.1. SERALARIN TANIMI VE GES'İN SERADAKİ YERİ

Seralar açıkta bitki yetiştirmeye izin vermeyen dönemlerde ve bölgelerde kültür bitkilerinin ekonomik olarak yetiştirilmesine olanak sağlayan, içinde bitkilerin yetişmesi için uygun çevre koşullarını sağlayan yapılardır (Acarer ve Çanakçı, 2009).

İklimle ilgili çevre koşullarına tümüyle veya kısmen bağlı kalmadan gerektiğinde sıcaklık, ışık, nem ve hava gibi etmenler denetim altında tutularak bütün yıl

boyunca çeşitli kültür bitkileriyle bunların tohum, fide ve fidanların üretmek, bitkileri korumak, sergilemek amacıyla cam, plastik v.b. ışık geçirebilen malzeme ile kaplanarak değişik şekillerde yapılan, yüksek sistemli bir örtü altı yetiştiriciliği yapısıdır. Bu tür tesislerin bulunduğu işletmelere "sera işletmesi" denir (MMS, 2017).

Sera tipinin seçiminde etkili unsurlar:

- Kullanılma amacı,
- İhtiyaç duyulan sera büyüklüğü,
- Civar iklim şartları,
- Yerleşim yerinin fizyografik ve ekolojik özellikleri,
- Yetiştirilecek bitki türleri ve yetiştirme tekniği,
- Sera işletmesinin gelişme planı,
- İşletme sahibinin istekleri,

Seradan beklenen amaç, sera tipine etki yapan en önemli faktörlerden biridir. Sera amatör, araştırma, yarı profesyonel veya tam ticari amaçlı olabilir (MMS, 2017).

Şanlıurfa'da seracılık konusuna baktığımızda Türkiye'deki toplam tarım alanlarının %5'i Şanlıurfa ilinde yer almaktadır. Toplam tarım alanlarının %73'ü tahıl ve diğer bitkisel ürünler, %14'ü nadas, %11 ise meyve alanları oluşturmaktadır. Sebze alanları ise oranı ise yalnızca %2'dir. Bölgede seracılık faaliyetleri her geçen gün daha da kıymete binmektedir. Genel olarak domates, salatalık, biber ve patlıcan üretimini gerçekleştiren seralar 2000'li yılların başında hizmete başlamış ve hala birçoğu devam etmektedir (TC GTHB, 2018).

1.1.1. Fotovoltaik Elektrik Üretimi Ve Ges'in Seradaki Yeri

Fotovoltaik etki Güneş ışığından elektrik üretme esasına dayanan bir teknolojidir. Güneş ışık enerjisi fotonlardan oluşan bir enerji çeşididir. Güneşten gelen ışıklar yarı iletken malzemeye çarpar. Bu çarpmanın neticesinde üç değişik davranış gösterebilirler. Bu davranışlar;

- Fotonlar direk malzeme içinden geçerler (genellikle bunlar düşük enerjili fotonlardır.)
- Fotonlar malzeme yüzeyi tarafından yansıtılır.
- Fotonlar silikon tarafından yutulur. (Fotonun enerjisi silikonun enerjisinden fazla ise) bu ise, malzemedeki elektron bağlarını zayıflatarak, elektronların bir yerden diğer yere giderek, elektrik akımı üretmesini sağlar (Öztürk, 2008).

Fotovoltaik hücre tarafından soğrulan fotonlar elektrik üretir (Öztürk, 2008). Diğer elektrik enerji kaynaklarının tasarımında kullanıldığı gibi, fotovoltaik hücreler tasarlanırken ihtiyaç duyulan güç ve gerilimi sağlayacak şekilde hücrenin elektriksel özellikleri önceden yapılan simülasyon çalışmaları ile incelenir (Altaş, 2008).

Elektronun bağını koparması ile malzemede bir de boşluk oluşmaktadır. Ancak tek başına bu özellik elektrik akımı üretmek için yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, yarı iletkenin iki tarafına artı ve eksi kutup yarı iletkenler (p ve n tip kutuplar) uygulanmakta ve bu sayede oluşan boşluk ve serbest kalan elektronun iki farklı yönde hareketi sağlanarak elektrik akımı oluşmaktadır. Sonuç olarak, fotovoltaik yüzeylerde, yüzeye düşen ışığın yoğunluğuna orantılı bir elektrik akımı meydana gelmektedir (MMS, 2017).

Fotovoltaik etki prensibi kullanılarak elektrik üretilen sistemlerin en küçük birimleri güneş hücreleri (fotovoltaik hücre) olarak adlandırılmaktadır. Hücreler panelleri oluşturmakta, paneller de bağlanarak ve diğer sistem elemanları ile entegre çalışarak elektrik üretimini gerçekleştirecek tesisi yani GES'i oluşturmaktadır (MMS, 2017).

Pv modüller kendi aralarında paralel ve seri bağlanarak pv panel gurubunu ve yine bu gruplar kendi aralarında paralel ve seri bağlanarak pv sistemini oluşturur. Bu şekilde bir kaç kilowattan başlayarak megawatt mertebesine kadar kurulum yapmak mümkündür (Köse ve ark., 2006).

Fotovoltaik sistemin kurulumunun başlangıcı, belli yılda hangi ayda, maksimum yüklenmenin olacağını belirlemek ve buna göre sistem büyüklüğünü belirlemektir. Eğer sistem yükü yıl boyunca sabit ise, bu durumda tasarım parametresi olarak, yıllık ışınımın en düşük olduğu aydaki ışınım değeri seçilir.

Kullanım açısından zaten güneşe ve ısıya ihtiyaç duyan seralar, Güneş enerjisi ile birleştirilince karşımızı ekonomik açıdan üst düzey bir sistem çıkmaktadır. Bu çalışma ile hem ülke ekonomisine elektrik üretimi gibi bir enerji faydası sağlarken öteki yandan da seralar için uyumlu bir sektör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu uyum yapılan çalışmalar sonucunda belirlenebilmektedir (MMS, 2017).

Seralar için yapılan çalışmalar ise yatırımcının isteğine ve Sera'nın özelliklerine göre belirlenebilir.

Güneş enerji panellerinin aktif olarak çalıştığı sürelerde, paneller aynı zamanda ısı da üretmektedir. Bu ısının seralar için gerekli olduğunu düşünürsek, havalandırma ve ışık miktarı ayarlandıktan sonra tüm bölümleri güneş panelli olarak tasarlayabiliriz.

2. ÜRETİM, MALİYET VE EKONOMİK ANALİZ

2.1. Üretim

Üretim için gerekli malzemelerin başında şüphesiz ki fotovoltaik panel gelir. Bu panellerin üretim koşulları, montaj sahası, taşımacılığı ve tesis montajı sırasında çok dikkatli davranılması gereklidir. Üretimde sürekliliği ve yüksek verimi elde edebilmek için, tüm hücrelerin bağlantıları ve dizilişi nizami olmalıdır. Taşıma sırasında oluşabilecek mikro çatlaklar verim düşmesine neden olmaktadır..

Bir diğer husus ise inverter seçimidir. İnverter seçimi yapılırken panelllerle uyumlu olması önem arz etmektedir. İnverterlerin MPPT sayısı ve gücüne göre panellerin bağlantısı yapılır. En iyi üretim değerlerine ve uzun süreli kullanıma uygun bir tasarım ortaya çıkması için bu bağlantıların en iyi şekilde yapılması gerekmektedir (MMS, 2017).

Fotovoltaik sistemlerde kablonun seçimi, ihmal edilmemesi gereken bir diğer husustur. Bilhassa DC sisteminin tasarımında, dikkat edilmesi gerekli ana faktörlerden biridir ve dikkat edilmediğinde oluşan zararın maliyeti yüksektir. Çünkü DC sistemler, genellikle düşük voltaj kullanılır ve akım akışı, tek yöndedir bu yüzden AC akıma göre daha kalın kablo kesitleri kullanılır. Kablo ve ek parçalarının, yanlış seçimi ve yanlış bağlantısı, sistemde yangın tehlikesine neden olduğu gibi, telafisi mümkün olmayan zararlara, büyük maddi kayıplara neden olur.

Hesaplamalar Şanlıurfa şartlarında 1000 m^2 'lik bir alan için yapılmıştır.

Panasonic N 325W HIT serisi kullanılmıştır.

Toplam 336 adet panel vardır.

- ✓ Kaco Blueplanet 50.0 TL3 M serisi kullanılmıştır.

Toplam 2 adet inverter vardır.

- ✓ Sera tasarımı çelik taşıyıcı sisteme göre yapılmıştır. Toplam 1000 m^2 lik bir tarım alanı oluşmaktadır.
- ✓ Sera çatı eğimi 15 derece olarak kabul edilmiştir.

Tüm bu tasarımlar en geçerli analiz programlarından biri olan PVSYST v6.6 ile hazırlanmış olup Şanlıurfa bölgesindeki sera kurulumları için gerçekçi sonuçlar vermektedir. Aşağıdaki sonuçlar incelendiğinde üretim değerleri 192.200 kWh/yıl çıkmaktadır.

Şanlıurfa'nın güneş parametreleri aşağıdaki Şekil 3.1. de üretim değerleri Şekil 3.2. de verilmiştir.

PVSYST V6.67				12/01/18	Page 1/3

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	**Sera Tasarim**			
Geographical Site	**URFA Bölgesi**		Country	**Turkey**
Situation	Latitude	37.11° N	Longitude	38.63° E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+3	Altitude	657 m
	Albedo	0.20		
Meteo data:	**URFA Bölgesi**	Meteonorm 7.1 (2006-2013), Sat=100% - Synthetic		

Simulation variant :	**New simulation variant**			
	Simulation date	12/01/18 16h28		

Simulation parameters				
Collector Plane Orientation	Tilt	15°	Azimuth	0°
Models used	Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon	Free Horizon			
Near Shadings	No Shadings			
PV Array Characteristics				
PV module	HIT Model	**VBHN325SJ47**		
Custom parameters definition	Manufacturer	Panasonic		
Number of PV modules	In series	12 modules	In parallel	28 strings
Total number of PV modules	Nb. modules	336	Unit Nom. Power	325 Wp
Array global power	Nominal (STC)	**109 kWp**	At operating cond.	102 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	653 V	I mpp	156 A
Total area	Module area	**563 m²**	Cell area	491 m²
Inverter	Model	**blueplanet 50.0 TL3-INT M**		
Original PVsyst database	Manufacturer	Kaco new energy		
Characteristics	Operating Voltage	580-900 V	Unit Nom. Power	50 kWac
Inverter pack	Nb. of inverters	2 units	Total Power	100 kWac
PV Array loss factors				
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	68 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
Module Quality Loss			Loss Fraction	-2.5 %
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	1.0 % at MPP
Strings Mismatch loss			Loss Fraction	0.10 %
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Param.	0.05
User's needs :	Unlimited load (grid)			

PVsyst TRIAL

PVsyst Evaluation mode

Şekil 3.1. Şanlıurfa bölgesi güneş parametreleri

PVSYST V6.67		12/01/18	Page 2/3

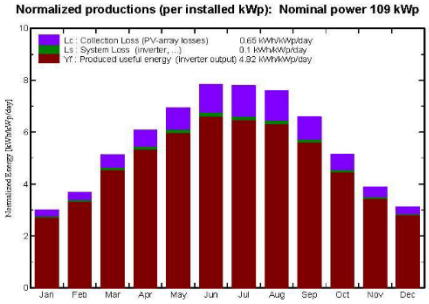
Grid-Connected System: Main results

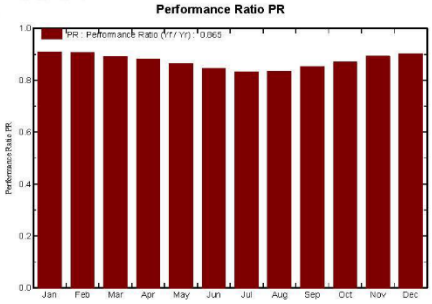
Project : **Sera Tasarim**

Simulation variant : **New simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	15°	azimuth	0°
PV modules	Model	VBHN325SJ47	Pnom	325 Wp
PV Array	Nb. of modules	336	Pnom total	**109 kWp**
Inverter	Model	blueplanet 50.0 TL3-INT M	Pnom	50.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	2.0	Pnom total	**100 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results				
System Production	**Produced Energy**	**192.2 MWh/year**	Specific prod.	1760 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	86.48 %		





New simulation variant

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	70.7	28.60	3.57	93.1	89.3	9.42	9.23	0.908
February	86.0	42.62	5.26	103.0	99.3	10.40	10.19	0.906
March	139.9	54.15	10.05	158.7	153.6	15.77	15.45	0.892
April	172.0	65.75	14.19	182.3	176.6	17.90	17.53	0.881
May	211.6	80.67	19.96	215.2	208.4	20.70	20.28	0.863
June	236.4	65.19	26.07	235.5	228.7	22.19	21.72	0.845
July	240.2	59.83	30.58	241.4	234.6	22.39	21.93	0.832
August	223.9	49.77	29.77	235.3	228.8	21.89	21.43	0.834
September	175.6	47.49	24.17	197.7	192.1	18.78	18.40	0.852
October	131.2	39.84	18.43	159.6	154.4	15.46	15.15	0.869
November	88.1	28.95	10.19	116.4	112.0	11.57	11.34	0.892
December	70.2	26.44	5.25	96.8	92.7	9.73	9.53	0.902
Year	1845.9	589.30	16.53	2034.8	1970.6	196.22	192.17	0.865

Legends:				
	GlobHor	Horizontal global irradiation	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings
	DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T Amb	Ambient Temperature	E_Grid	Energy injected into grid
	GlobInc	Global incident in coll. plane	PR	Performance Ratio

Şekil 3.2. Sera için öngörülen üretim değerleri

2.2. Maliyet

Güneş Enerji Santralleri için maliyetler son yıllarda düşüşe geçmiş olsa da ekipmanları ile birlikte yine ciddi bir maliyet oluşturmaktadır.Güneş Enerji sistemi için ortaya çıkan yaklaşık maliyetler aşağıdaki Tablo 3.1. de verildiği gibidir.

Tablo 3.1. Kurulacak sistem için maliyet analizi

No:	TESİSLER	YATIRIM YILLARI				TOPLAM (USD)
		1		2		
	İnşaat ve Montaj İşleri	100%	10000	0%	0	10000
1	**İNŞAAT TOPLAM**		10000		0	10000
	Alt Konstrüksiyon İşleri	100%	5000	0%	0	5000
	PV Güneş Paneli	100%	90000	0%	0	90000
	Solar İnverter	100%	10000	0%	0	10000
	Koblolar,Trafo,Köşk,Panolar ve Diğer Ekipmanlar	100%	12000	0%	0	12000
	Enerji Nakil Hattı	100%	0	0%	0	0
2	**EPC İŞLER TOPLAMI**		117.000		0	117.000
	GES Devir Bedeli	100%	0	0%	0	0
3	**PROJE DEVİR BEDELİ**		0		0	0
4	**KEŞİF BEDELİ(1+2+3)**		127000			127000
5	Proje,Harita,Kamulaştırma Panları ve ÇED Raporunun Hazırlanması	100%	5000	0%	0	5000
6	Jeolojik Etütlerin Yapılması	100%	0	0%	0	0
7	Kamulaştırma,Orman İzin İrtifak Bedelleri	100%	0	0%	0	0
8	Banka,Gümrük,Sigorta,Noter,SSK,Proje Yönetimi vb Giderler	100%	0	0%	0	0
9	Bilinmeyen Giderler	100%	4240	0%	0	4240
10	KDV(%18)		23760			23760
11	Yatırım Dönemi Faiz ve Masrafları		0			0
12	**PROJE BEDELİ(4+5+6+7+8+9+10+11)**		160000		0	160000

Tablodan da görüldüğü gibi toplam maliyetimiz 160.000 $ civarı bir fiyat tutmuşken bu sistemin sermaye konusuna banka kredili bir yol izlenmesi öngörülerek Tablo 3.2. de sermaye planlaması yapılmıştır.Yatırım miktarının yüzde 25'lik kısmı öz sermaye geri kalan banka kredisi olarak düşünüldü.

Tablo 3.2. Kurulacak Sistem İçin Sermaye Planlama

YATIRIM DÖNEMİ		YATIRIM YILLARI	TOPLAM (USD)
		1	
Yıllık Yatırım Tutarı		160000	160000
25%	Özsermaye	40000	40000
75%	Kredi	120000	120000

Sermaye planlamasına ek olarak kuracağımız sistemin ne gibi gider ve gelirlerinin olduğu Tablo 3.3. de verilmiştir. Sistem için yıllık işletme giderleri, bakım onarım giderleri, sigorta ve iletim dağıtım bedelleri mevcut fiyatlar üzerinden ortalama olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3.3. Yıllık İşletme Giderleri ve Gelir

YILLIK İŞLETME GİDERLERİ	**TOPLAM(USD)**
Yıllık Personel ve İşçilik Gideri	1000
Yıllık Bakım ve Tamir Gideri	1000
Yıllık Sigorta Gideri	1000
TEİAŞ İletim/Dağıtım Bedeli(kr-TL/kWh)	5620
Toplam Yıllık İşletme Gideri	8620
Yıllık Üretilen Enerji (kWh)	192200
KDV Hariç Elektrik Satış Fiyatı (USD/kWh)	0.133
Öngörülen Ortalama Yıllık Gelir(USD)	25563

2.3. Ekonomik Analiz

Kurulacak tesis için kullanılacak malzemeler örnek teşkil etmesi açısından verilmiştir. Malzemeler yatırımcının isteğine göre seçilir. Tabi ki burada amaç en hızlı sürede en verimli sonuçlara ulaşmak ve elde edilen verimle en kısa sürede amortismanı sağlamaktır. Sistem öz sermayesini 3 yıl gibi bir sürede amorti edecektir. Tablo 3.4. de amortisman döngüsü verilmiştir.

Tablo 3.4. Sistemin amortisman süresi

No	Açıklama	Miktar
1	Toplam Sera Alanı	1000 m^2
2	Kullanılan Panel Adeti	326 Adet POLY
3	Kullanılan İnverter Adeti	2 Adet
4	Sera Çatısında Kullanılan Alan Miktarı	53%
5	Tesis Gücü	109.2 kW
6	Yıllık Toplam Gider	8620 $
7	Tesis Geliri	25562 $
8	Toplam Net Gelir	16942 $
9	Öz Sermaye Amortisman Süresi	3 Yıl

3. SONUÇ

Yapılacak olan Seralarda GES Kullanımı çalışmalarıyla öncelikle şehre sosyal, ekonomik ve kültürel kazanımlar sağlayacak. Bununla birlikte ülke hedefleri doğrultusunda yapılan hizmetler sonucunda 2023 hedeflerinde amaçlanan yerlere en doğru şekilde ulaşmamıza yardımcı olacaktır.

İleri teknolojiye dayalı, altyapı sorunlarını çözmüş, örgütlülüğü ve verimliliği yüksek, uluslararası rekabet gücünü artırmış bir tarım sektörünün oluşturulması, girişimcilik ortamının geliştirilmesi, özel sektör yatırımlarının teşvik edilmesi, bölgenin teknolojik altyapısının ilerletilmesi, turizmin canlandırılması ve doğal kaynakların korunmasına yönelik tedbirlerle ekonomik dönüşümün sağlanması amaçlanmaktadır.

İnsan odaklı kalkınma anlayışı çerçevesinde, bireylerin kendilerini geliştirebilecekleri, sağlıklı, güvenli ve yüksek standartta yaşam sürebilecekleri sosyal bir ortamın oluşturulması sağlanacaktır. İnsanların refah seviyesini arttırarak, istihdam edilebilirliğin artırılması ve sürdürülebilir bir kalkınmanın gerçekleştirilmesi yönünde tedbirler alınacaktır.

KAYNAKÇA

ACARER, S. ve ÇANAKÇI, C. (2009). " Jeotermal Enerji İle Sera Isıtma sistemleri Tasarım Esasları", Conference: IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi (TESKON 2009), 2009 (1):115-125.

ALTAŞ, İ. H. (1998). "Fotovoltaik Güneş Pilleri Eşdeğer Devre Modelleri ve Günışığı ile Sıcaklığın Etkileri ", Aylık 3e (Enerji, Elektrik, Elektromekanik) Dergisi, Mart 1998 (46):86-91

KENDİRLİ, B. ve ÇAKMAK, B. (2010)."Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı", Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 2010 (1):95-103.

KÖSE, S., ZOR, M., ATAY, F., BİLGİN, V., AKYÜZ, İ., (2006)."Yarıiletken Güneş Pillerinin Verimliliğine Etki Eden Doğal ve Teknolojik Etmenler", VI Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES), Bildiri Kitabı.

MMS Merkez Mühendislik A.Ş., "Seralar İçin GES Raporu" (2017), Ankara.

ÖZTÜRK, H.H.(2008). Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, Ankara.

T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Türkiye'de Jeotermal Seracılığın Mevcut Durumu ile Karar Verme Süreçlerinde Etkili Olan Faktörlerin Analizi

ARITILMIŞ EVSEL ATIKSUYUN KİLLİ BİR TOPRAĞIN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Ziraat Yük. Müh. Ayşen DUMAN
İzmir Büyükşehir Belediyesi

Prof. Dr. Bülent OKUR
Ege Üniversitesi

Dr. Öğr. Ü. Bülent YAĞMUR
Ege Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışma İzmir ili Menderes ilçesinde atık su kullanımının toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisini araştırmak amacı ile gerçekleştirilmiştir. Denemede mısır bitkisi yetiştirilmiş ve sulama arıtılmış atık su ile yapılmıştır. 6 kez 100 ml atıksu sulama suyu sonrasında parsellerdeki toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri kontrol parsel ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonunda atık sularla yapılan sulamanın herhangi bir olumsuz etkisi saptanmamıştır. Sonuç olarak sulama kıtlığı yaşayan bölgelerde arıtılmış atık suların mısır tarımında kullanılabileceği ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arıtılmış atık su, mısır, makro ve mikro besin maddeleri, sulama

The Effect of the Treated Domestic Waste Water on Physicochemical Properties of a Clay Soil

ABSTRACT: This study is realized to research the physical and chemical effects of waste water which is treated at İzmir-Menderes sewage treatment facility on soil sustainability. Corn (*Zea mays* L.) plant was grown as experiment plant and irrigated with treated wastewater during vegetation period of plant. After 100 mm of water was applied for 6 times the physical and chemical properties of soil were compared with those of control parcels. It was obtained that the usage of treated wastewater did not negatively affect physical and chemical properties of soil. As a result it can be suggested that the treated waste water can be used as irrigation water in water deficit areas for corn plant.

Keywords: Treated waste water, corn plant, macro and micro nutrients, irrigation

1.GİRİŞ

Su tüm canlıların yaşaması için mutlak gerekli maddelerden biridir. Yeryüzünün yaklaşık ¾'ünün sularla kaplı olmasına rağmen, bunun yaklaşık % 97'si canlılar için direk kullanıma uygun olmayan tuzlu ve acı sulardan oluşmaktadır. Geri kalan kısmının önemli bir bölümü ise kutuplarda buzullar halinde bulunmaktadır. Dolayısıyla, şu anda dünyadaki kullanılabilir su miktarının toplam su miktarının ancak % 0,3'ü olduğu kabul edilmektedir (Yücel, 1990: 1155).

Su, insanların içme, kullanma, sanayi ve tarımsal amaçlı gereksinimlerini karşıladıktan sonra nitelik yönünden çeşitli değişimlere uğrar ve atık suya dönüşür. Böylece su, bünyesinde sağlığa zararlı biyolojik ve kimyasal maddeleri içerir ve bunların kolayca bir bölgeden diğer bir bölgeye taşınmasına da aracılık eder. Türkiye su zengini bir ülke değildir. Aksine gerekli önlemler alınmaz ise gelecekte su sıkıntısı çekecek olan bir ülke olacaktır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1600 $m^{3'}$dür. Diğer ülkeler ve dünya ortalamasıyla kıyaslarsak, Türkiye kişi başına kullanılabilir su miktarı bakımından su azlığı çeken ülkeler arasında görülebilir. Kişi başına 5 000 m^3 ve fazla su potansiyeli olan bir ülke "su zengini" olarak kabul edilir. 2023 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2023 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1125 m^3/yıl civarında olacağı söylenebilir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca tüm bu tahminler mevcut kaynakların hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Dolayısıyla Türkiye'nin gelecek nesillerine sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir. Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde tarımsal üretim için sulama en önemli ölçüttür. Ülkemizin büyük bir bölümünde gerek yıllık toplam yağışın yetersizliği; gerekse dağılımın düzensizliği, tarımsal üretimde sulamayı gerekli kılmaktadır. Tarımsal sulama için temiz yeraltı ve yerüstü kaynaklarının yeterli olmadığı durumlarda arıtma işlemlerinden geçirilmiş atık sular sulama suyu olarak kullanılabilir (Köksal ve ark., 1998).

Hindistan'da yapılan bir denemede; atık suyun sulama amaçlı kullanımında bitkisel üretimde verim artışları saptanmıştır. Buğday, fasulye, pirinç, patates ve pamuğun atık su ile sulama sonucu normal su ve gübre verilen parsellere göre ürün verim artışının daha fazla olduğu belirlenmiştir (Hespanhol, 1993). Evsel ve endüstriyel atık suların sulamada kullanım olanakları ile ilgili yapılan bir çalışmada; sulama suyunun yetersiz kaldığı bölgelerde, uygun bir arıtma işleminden geçirilen atık suların, ek bir su kaynağı olarak değerlendirilebilmesi olanaklarını ortaya koyularak, bu konudaki temel esaslara işaret edilmiş ve konuya yönelik önerilerde bulunulmuştur Korukçu ve ark., 1996). Atık suların sulamada kullanılması ile ilgili yapılan bir başka

çalışmada; atık suların sulamada kullanım şartları, fayda ve zararları ve kullanman yöntemleri incelenmiştir. Yapılan bu araştırmada atık sulara orta arıtma ve yeterli klorlama yapıldığında, tahıl ve sebze üretimi amacıyla sulamada emniyetle kullanılabileceği saptanmıştır (El-Jundi, 1991). Atık suların içinde bulunan inorganik maddeler ile zehir etkisi bulunan iyonlar bu suların tarımsal sulama amaçlı kullanımını sınırlandırmaktadır. Atık su arıtma işlemleri, bu sularda bulunan pek çok patojeni yok ederek olumsuz sağlık etkilerini azaltmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde atık suların arıtıldıktan sonra sulama suyu olarak kullanılmasında göz önüne alınması gereken en önemli kriterler, helmintlerin maksimum giderimi, bakteriyel ve viral patojenlerin etkin olarak azaltılması ve kokunun giderilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. En etkin olabilecek arıtma işlemi, maliyet ve işletim açısından minimum gereksinim gösteren mikrobiyolojik ve kimyasal kalite kriterlerini sağlayan arıtma yöntemidir. Patojen giderimi ise atık suyun sulama amaçlı kullanılmasında en önemli faktördür. Gelişmekte olan ülkeler için stabilizasyon havuzları sulamaya uygun, besin maddeleri açısından zengin, mikrobiyolojik giderim sağlayan çıkış suları ile avantajlı görünmektedir Bartone, 1998:2093). Yapılan bir derlemede arıtılmış atık suların en yaygın kullanımının tarımda olacağını ve böylece hem atıksu bertarafı sağlanacağı hem de arıtılmış atık suyun bünyesindeki bitki besin maddelerinin bitkinin gübre ihtiyacını karşılayacağını rapor edilmiştir (Polat, 2013:58). Arıtılmış atık suların başlıca kullanım alanları olarak kentsel ve evsel amaçlı kullanım olduğunu park, bahçe sulaması, golf sahalarının sulanması, yangın söndürme suyu, tuvalet suyu, otoyol meydanlarının sulanması, inşaatlarda toz kontrolü amaçlı kullanımların bu kapsamda sayılabileceğini vurgulamıştır. Arıtılmış atık suların bir diğer kullanım alanının ise endüstriyel kullanım olduğunu belirten araştırıcı endüstrilerde başlıca soğutma suyu olarak kullanılmasına rağmen proses suyu ve kazan besleme suyu gibi çeşitli amaçlar için de kullanılmakta olduğunu da açıklamıştır.

Bu çalışmada da İzsu Atık Su Arıtma Tesisinde üretilen arıtılmış atık suların ağır bünyeli bir toprakta mısır bitkisinin sulanmasında kullanılması halinde toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine olan etkilerini araştırmak amaçlanmıştır. Bu çalışma sonucunda elde edilece verilere göre, arıtılmış atık suların normal sulama sularına bir alternatif olup olamayacağı değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma İzmir ili Menderes ilçesinde bir üretici arazisinde yürütülmüştür. Tesadüf blokları deneme planına göre 5x3 m=15 m^2'lik toplam 6 parselde 3 tekerrürlü olarak tasarlanan denemede parsellerin üçü normal sulama suyu ile diğer üçü ise arıtılmış atık su ile sulanmıştır. 6 ay süren tarla denemesinde İzmir-Menderes'teki

İzsu Atık Su Arıtma Tesisinde ortaya çıkan arıtılmış atık sularla sulama yapılmış ve mısır bitkisi yetiştirilmiştir. Her parsele 6 defa 100'er mm olacak şekilde toplam 600 mm sulama suyu uygulanmıştır. Mısır üretimi için normal NPK gübrelemesi yapılmıştır. Denemenin başında ve sonunda alınan toprak örnekleri alınmış ve bu örneklerde çeşitli fiziksel ve kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Deneme alanı toprağına ait bazı özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Denemede kullanılan normal sulama suyu ve arıtılmış atık su analiz sonuçları ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırma Alanı Toprağının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

pH	7.69	Toplam N (%)	0.10
Suda Çöz. Top. Tuz (%)	0.130	Alınabilir P (mg/kg)	1.83
Kireç (% $CaCO_3$)	4.79	Alınabilir K (mg/kg)	718.00
Organik Madde (%)	2.48	Alınabilir Ca (mg/kg)	8334.00
Kum (%)	29.28	Alınabilir Mg (mg/kg)	1108.00
Mil (%)	22.00	Alınabilir Na (mg/kg)	412.53
Kil (%)	48.72	Alınabilir Fe (mg/kg)	12.30
Bünye	Kil	Alınabilir Cu (mg/kg)	2.07
Hacim Ağırlık (g/cm^3)	1.35	Alınabilir Mn (mg/kg)	1.14
Özgül Ağırlık (g/cm^3)	2.39	Alınabilir Zn (mg/kg)	9.50
Tarla Kap. Nem (%)	36.53		
Solma Nokt. Nem (%)	26.92		
Faydalı su (%)	9.91		
Toplam Porozite (%)	43.51		

Tablo 2. Normal Sulama Suyu (NSS) Ve Arıtılmış Atık Suya (AAS) Ait Bazı Analiz Sonuçları

Parametre	NSS	AAS	Parametre	NSS	AAS
pH	7.02	7,28	Cd (mg/l)	0.001	0.001
$EC.10^6$	1600	1600	Pb (mg/l)	0.020	0.030
Na^+ (me/l)	4.32	7,17	Ni (mg/l)	0.03	0.03
K^+ (mg/l)	0.11	1,00	Co (mg/l)	0.005	0.010
Ca^{+2}+Mg^{+2} (me/l)	11.54	6,45	Cr (mg/l)	0.008	0.008
Cl^- (me/l)	6.05	6,15	Fe (mg/l)	0.112	0.089
CO_3^- (me/l)	0.00	0,00	Cu (mg/l)	0.021	0.018
HCO_3^- (me/l)	6.60	7,90	Zn (mg/l)	0.021	0.071
SO_4^{-2}(me/l)	3.51	1,34	Mn (mg/l)	0.021	0.04
SAR	1.80	4,00	B (mg/l)	--	0.671
Sulama Suyu Sınıfı	C_3S_1	C_3S_1	NO_3-N (mg/l)	--	5.93
			NH_4-N (mg/l)	--	0.36

Yapısı bozulmuş ve yapısı bozulmamış toprak örnekleri öngörülen yöntemlere göre 0-30 cm derinlikten alınmıştır. Yapısı bozulmuş toprak örnekleri laboratuarda hava kurusu durumuna getirilip 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek üzere analiz edilmiştir. Bünye analizi (Bouyoucos, 1962: 419) toprağın kireç içeriği (Schlichting ve Blume, 1966:121), organik madde (Rauterberg ve Kremkus, 1951), toprak reaksiyonu yani pH (Jackson, 1967), suda çözünebilir toplam tuz (U.S. Soil Survey Staff, 1951), toprağın hacim ve özgül ağırlığı (Black, 1965:1372), tarla kapasitesindeki ve solma noktasındaki % nem ile faydalı su (U.S. Soil Survey Staff, 1954), total azot (Bremner, 1965, s: 1149), alınabilir katyonlar Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde (Pratt, 1965, s: 1022), alınabilir fosfor (Bingham, 1949, s: 11), alınabilir Fe, Cu, Zn, Mn elementleri ise (Lindsay ve Norvell, 1978, s:421)'e göre analiz edilmiştir. Su örneklerinde pH cam elektrodlu pH metre ile elektriksel iletkenlik ise EC metre ile ölçülmüştür. Katyonlardan Na^+ ve K^+ alev spektrometresinde (Jackson, 1967), kalsiyum+magnezyum 0,01N EDTA ile titre edilerek (U.S. Soil Survey Staff, 1951), Cl (U.S. Soil Survey Staff, 1951), sülfat,

$BaCl_2$ ile çöktürülerek (Merck, 1963), karbonat ve bikarbonat (Merck,1963), bor ise 1:1 Dianthrimid ile kolorimetrik yöntem ile belirlenmiştir (Riehm, 1957, s:91). Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) formül yardımı ile hesaplanmış ve sulama suyu kalitesi, saptanan EC ve SAR değerlerinin sulama suları sınıflandırma diyagramına uyarlanması ile belirlenmiştir (U.S. Soil Survey Staff , 1951). Fosfor Murphy-Riley'e göre (Kurmies ve Bredeney, 1972, s:118), nitrat azotu 1-2-4 xylenol yöntemi ile (Balks, 1955, s:7), amonyum azotu fenolat çözeltisi varlığında (Wehrmann, 1979, s:109) kolorimetrik olarak saptanmıştır. Bazı iz element ve ağır metaller (Fe, Cu, Zn, Mn, Co, Pb, Cr, Cd, Ni) ise, su örnekleri buharlaştırılıp 10 misli derişik hale getirildikten sonra Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre (ASS) cihazında okunma suretiyle belirlenmiştir (Parker, 1972; Slawin, 1968).

3.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1.Arıtılmış Evsel Atık Suyun Toprağın Bazı Fiziksel Özelikleri Üzerine Etkileri

Arıtılmış evsel atık suyun toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerinde yaptığı etkiler Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Arıtılmış Evsel Atık Suyun Toprağın Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Yaptığı Etkiler

Uygulama	Dönem	Hacim A. %	Özgül A. %	Top.Por. %	TK[1] %	SN[2] %	Faydalı Su, %
Normal Su	Deneme Başı	1.49 a	2.42 a	37.68 b	34.07 a	26.35 b	8.96 a
	Deneme Sonu	1.39 b	2.36 a	40.95 a	34.70 a	27.33 a	7.85 a
Arıtılmış Atık Su	Deneme Başı	1.49 a	2.39 a	37.38 b	33.52 a	25.88 b	8.96 a
	Deneme Sonu	1.42 b	2.39 a	40.30 a	34.78 a	27.25 a	7.80 a
$LSD_{0,05}$		0.020	0.083	1.99	1.64	0.97	1.45

*: Aynı harflerle gösterilen rakamlar Duncan testine göre (α=0.05) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

[1] Tarla kapasitesindeki nem

[2] Solma noktasındaki nem

Toprakların önemli fiziksel özelliklerinden olan hacim ağırlığında arıtılmış atık su ve normal sulama suyu uygulamalarıyla düşüşler meydana gelmiştir. Toprak tanecikleri arasında bulunan boşluklar hacminin artması ve dolayısıyla hacim ağırlığının azalması istenen bir durumdur.. Özgül ağırlık değerlerinde ise arıtılmış atık su ve normal sulama suyu uygulamasıyla önemli bir değişim ortaya çıkmamıştır. Toprakların toplam porozitesi, hem arıtılmış atık su hem de normal sulama suyu uygulanan topraklarda deneme sonunda bir artış kaydetmiştir. Her iki sulama sonucu toprakların önemli su parametreleri olan tarla kapasitesindeki nem miktarı, solma noktasındaki nem miktarı ve ikisi arasındaki farktan hesaplanan faydalı su miktarlarında istatistiki anlamda bir değişim ortaya çıkmamıştır.

3.2.Arıtılmış Evsel Atık Suyun Toprağın Ph, Toplam Tuz, Kireç Ve Organik Madde İçeriği Üzerine Etkileri

Arıtılmış evsel atık suyun toprağın pH, toplam tuz, kireç ve organik madde içeriği üzerinde yaptığı etkiler Tablo 4'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre normal ve arıtılmış atık sulama suyu pH yönünden nötr bir reaksiyon göstermektedir. Deneme toprağının pH değeri ise hafif alkalin (7.69) özelliktedir. Dönemin başında ve sonunda alınan toprak örnekleri dikkate alındığında; arıtılmış atık su ile sulanan toprakların deneme sonunda pH değerlerinde az da olsa bir artışın ortaya çıktığı saptansa da artan bu değer (7.76) hafif alkali sınırları içerisinde kalmıştır. Arıtılmış atık suyun pH değerinin normal sulama suyuna oranla biraz daha yüksek olması nedeniyle topraklardaki pH değişiminin çok hızlı olmasa bile aralıklarla izlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Tablo 4. Arıtılmış Evsel Atık Suyun Toprağın Ph, Toplam Tuz, Kireç Ve Organik Madde İçeriği Üzerine Yaptığı Etkileri

Uygulama	**Dönem**	**pH**	**Toplam Tuz, %**	**Organik Madde, %**	**$CaCO_3$, %**
Normal Su	Deneme Başı	7.67 b*	0.16 a	2.05 a	4.55 a
	Deneme Sonu	7.69 b	0.17 a	2.35 a	4.18 b
Arıtılmış Atık Su	Deneme Başı	7.70 b	0.17 a	2.09 a	4.54 a
	Deneme Sonu	7.76 a	0.16 a	1.78 a	4.29 b
$LSD_{.05}$		0.058	0.026	0.787	0.178

*: Aynı harflerle gösterilen rakamlar Duncan testine göre (α=0.05) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

Arıtılmış atık su uygulamasının toprağın toplam tuz içeriği üzerinde istatistiki anlamda bir etkisi ortaya çıkmamış ve tüm topraklar aynı istatistiki grup içerisinde yer almışlardır. Zaten arıtılmış suyun EC'si ile normal sulama suyunun EC'si ile aynı değerde olması, bu sonucu ortaya çıkarmıştır (Tablo 2). Aynı zamanda bu sonuç arıtma tesisinden çıkan atık suyun ne kadar iyi derecede arıtıldığının da bir göstergesidir. Toplam tuz içeriğine benzer şekilde atık su uygulamaları toprağın organik madde içeriğinde de istatistiki anlamda bir değişikliğe neden olmamıştır. Deneme toprağının kireç içeriği % 4.79 olarak bulunmuş ve 'orta kireçli' sınıfta yer almıştır. Deneme sonunda hem normal su ile sulanan ve hem de arıtılmış atık su ile sulanan toprakların kireç içeriklerinde muhtemelen yıkanmaya bağlı olarak azalmalar saptanmış ve aynı istatistiki grup içerisinde yer almışlardır.

3.3.Arıtılmış Evsel Atık Suyun Toprağın Makro Element İçeriği Üzerine Etkileri

Arıtılmış evsel atık suyun toprağın makro element içeriği üzerinde yaptığı etkiler Tablo 5'de verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı toprağın toplam azot içeriği % 0.10 (yeterli)'dir. Normal sulama suyu uygulaması ile toprağın toplam N içeriği artış gösterirken, arıtılmış atık su ile sulanan toprakta toplam N değerinde değişim gözlenmemiştir. Deneme toprağının alınabilir fosfor içeriği 1.83 mg/kg (orta) bulunmuştur. Arıtılmış atık su ve normal sulama suyu ilavesi ile yüzey toprağının alınabilir P içerikleri önemli derecede yükselmiştir. Deneme toprağının alınabilir potasyum içeriği 718 mg/kg olarak (fazla) saptanmıştır. Normal su ile sulanan toprakların K içeriği deneme sonunda artarken, arıtma suyu ile sulanan toprakların K içeriğinde bir değişiklik ortaya çıkmamıştır. Deneme toprağının alınabilir kalsiyum içeriği 8334 mg/kg (yüksek) olarak bulunmuştur. Dönemler arasındaki fark dikkate alındığında her iki sulama suyunda deneme sonunda yıkanmaya bağlı olarak alınabilir Ca içeriğinde azalışlar saptanmıştır. Benzer sonuçlar yüksek düzeyde Mg içeren (1108 mg/kg) araştırma topraklarında da elde edilmiştir. Toprakların sodyum içeriğinde ise hem arıtılmış atık su ve hem de normal sulama suyu uygulamalarıyla artışlar ortaya çıkmıştır.

Tablo 5. Arıtılmış Evsel Atık Suyun Toprağın Makro Element İçeriği Üzerine Yaptığı Etkiler

Uygulama	**Dönem**	**Top.N %**	**Al.[1] P mg/kg**	**Al. K mg/kg**	**Al. Ca mg/kg**	**Al. Mg mg/kg**	**Al. Na mg/kg**
Normal Su	Deneme Başı	0.078 b*	2.402 b	489 b	8130 a	1314a	334 c
	Deneme Sonu	0.119 a	3.697 a	657 a	7856 b	1198 b	429 a
Arıtılmış Atık Su	Deneme Başı	0.072 b	2.103 b	477 b	8179 a	1303 a	328 c
	Deneme Sonu	0.073 b	3.485 a	496 b	7639 b	1175 b	397 b
$LSD_{0,05}$		0.037	1.175	86.34	277.65	40.45	16.68

*: Aynı harflerle gösterilen rakamlar Duncan testine göre (α=0.05) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

1: Alınabilir

3.4.Arıtılmış Evsel Atık Suyun Toprağın Mikro Element İçeriği Üzerine Etkileri

Arıtılmış evsel atık suyun toprağın mikro element içeriği üzerinde yaptığı etkiler Tablo 6'da verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı toprağın alınabilir Fe içeriği 12.30 mg/kg'dır. Topraklarda 4.5 mg/kg alınabilir demirin yeterli olduğu bildirilmektedir (Lindsay ve Norvell, 1978, s:421). Dönemler arasındaki farklılıklar incelendiğinde; arıtılmış atık su ile sulanan toprak örnekleri arasında herhangi bir değişim ortaya çıkmazken, normal sulama suyu ile sulanan toprak örneklerinde deneme sonunda alınabilir Fe içeriğinde bir artış saptanmıştır.

Tablo 6. Arıtılmış Evsel Atık Suyun Toprağın Mikro Element İçeriği Üzerine Yaptığı Etkileri

Uygulama	**Dönem**	**Al.[1] Fe mg/kg**	**Al. Cu mg/kg**	**Al. Zn mg/kg**	**Al. Mn mg/kg**
Normal Su	Deneme Başı	11.690 b*	1.968 b	0.727 b	5.521 b
	Deneme Sonu	13.718 a	2.748 a	2.098 a	7.262 a
Arıtılmış Atık Su	Deneme Başı	11.789 b	2.035 b	0.617 b	5.274 b
	Deneme Sonu	11.843 b	2.131 b	1.014 b	5.262 b
$LSD_{0,05}$		0.570	0.424	0.650	0.544

*: Aynı harflerle gösterilen rakamlar Duncan testine göre (α=0.05) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

1: Alınabilir

Topraklarda alınabilir bakır miktarı 0.2 mg/kg'dan fazla olduğu zaman yeterli olarak kabul edilmektedir (Lindsay ve Norvell, 1978, s:421). Alınabilir Cu içeriği yönünden çalışma alanı 2.07 mg/kg ile "yeterli" düzeyde bulunmaktadır. Çalışmanın yapıldığı toprağın alınabilir Cu içeriği istatistiksel olarak da analiz edilmiş ve 1.dönemde farklılık gözlenmezken, 2.dönemde farklılık saptanmıştır. Normal su ile sulanan toprakların Cu içeriği deneme sonunda artarken, arıtma suyu ile sulanan toprakların Cu içeriğinde bir değişiklik ortaya çıkmamıştır. Toprağın alınabilir çinko içeriği 1.14 ppm olarak saptanmıştır. Topraklarda 0.8 mg/kg alınabilir çinkonun yeterli olduğu bildirilmektedir (Lindsay ve Norvell, 1978, s:421). Çalışma alanının alınabilir Zn içeriği yönünden "yeterli" olduğu saptanmıştır. Normal su ile sulanan toprakların Zn içeriği deneme sonunda artarken, arıtma suyu ile sulanan toprakların Zn içeriğinde bir değişiklik ortaya çıkmamıştır. Toprağın alınabilir mangan içeriği 9.50 mg/kg bulunmuştur. Topraklarda alınabilir manganın 1.2 mg/kg dan fazla olduğu zaman yeterli olduğu ifade edilmektedir (Lindsay ve Norvell, 1978, s:421). Normal su ile sulanan toprakların Mn içeriği deneme sonunda artarken, arıtma suyu ile sulanan toprakların Mn içeriğinde bir değişiklik ortaya çıkmamıştır.

4. SONUÇ

Sonuç olarak İzmir İli Menderes ilçesinde bulunan Büyükşehir Belediyesi İZSU Müdürlüğüne bağlı arıtma tesisinden çıkan su ile üreticilerin tarlalarında kullandıkları sular karşılaştırıldığında tesisten çıkan arıtılmış atık suların özellikle pH ve çözünebilir tuz içerikleri bakımından normal sulama sularından çok da farklı olmadıkları analiz edilmiştir. Arıtma tesisinin özelliğine bağlı olarak da, ileri arıtma ve veya normal arıtma yapan tesislerden çıkan arıtılmış suların özellikleri de farklı farklı olabilmektedir. Menderes ilçesinde bulunan tesis ileri arıtma yapmakta ve çıkan suyu hemen yanındaki dereye salmaktadır. Özellikle sulama dönemlerinin sonuna doğru üretici tarlalarında-bahçelerinde kullanılan yeraltı su kalitesinin bozulmaya başladığı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle üretim dönemi sonuna doğru yani Ege bölgesi için Ağustos sonu Eylül başında sulama sularının yeniden analiz edilerek sulama programlarının veya sulama saatlerinin ve hatta sulama suyu miktarının bu analiz sonuçlarına göre mutlaka değerlendirilmesi ve bu verilere göre hareket edilmesinde yarar bulunmaktadır. Araştırmada kullanılan ve mukayesesi yapılan normal sulama suyu ve arıtılmış atık suyun özellikle dönem sonunda toprağın bazı kimyasal ve verimlilik özellikleri üzerine etkileri bu nedenle daha belirgin olarak saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar arasında da istatistiksel ilişkiler önemli olarak bulunmuştur. Toprağın fiziksel özelliklerinde ise çok önemli bir değişiklik analiz edilmemiştir. Çünkü bu tür sularla sulama yapılması halinde sulama suyunun niteliğine de çok yakın bağlı olmakla beraber, özellikle toprakların fiziksel özelliklerindeki değişmelerin ortaya çıkabilmesi biraz daha uzun süreye gereksinim duymaktadır. Ülkemiz ve de bölgemiz gibi su kıtlığının her geçen gün çok daha fazla yaşandığı alanlarda artık arıtılmış atık sular arıtma düzeylerine bağlı olarak sulama da sulama suyu kaynağı olarak kullanılması zorunluluk haline gelmiştir. İleri arıtma yapan tesislerden çıkan arıtılmış atık suların kalite özelliklerini de ortaya koyan bu çalışma sonucunda bu suların sulamada rahatlıkla kullanılabileceği saptanmıştır.

KAYNAKÇA

BALKS, R. REEKERS, I.(1955). Bestimmung des Nitrat und Ammoniakstickstoffs im Boden. Land. Forschung, Band 8; 7-13.

BARTONE, C.R.(1998). International Perspective on Water Resources Management and Wastewater Reuse, Water Science and Technology, Vol: 23, pp.: 2039-2047.

BİNGHAM, F.T.(1949). Soil Test for Phosphate. California Agriculture 3(7): 11-14.

BOUYOUCOS GJ. 1962. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. Agron J. 54: 419-434.

BREMNER, J.M. 1965. Sayfa 1149-1178. Total Nitrogen. Editor: C.A. Black, Methods of Soil Analysis. Part-2. American Society of Agronomy Inc, Publisher Madison, Wisconsin, USA.

EL-JUNDİ, Z.(1991). Reuse of Waste Water for Irrigation, MS Thesis, METU, Ankara.

HESPANHOL, N.(1993). Reuse of Community Wastewater: Health and Environmental Protection-Research Needs, Technical Consultation on Integrated Rural Water Management FAO-Roma, 1993.

JACKSON, M. L.(1967). Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi.

KORUKÇU, A. DEMİR, A. O. BÜYÜKCANGAZ, H.(1996). Evsel ve Endüstriyel Atık Suların Sulamada Kullanım Olanakları, Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu, 13-15 Mayıs 1996, Mersin

KÖKSAL, H. ÖDEMİŞ, B. KANBER, R.(1998). Atık Suların Tarımda Kullanım Olanakları. Kayseri I. Atık Su Sempozyumu, 22-24 Haziran 1998,Kayseri

KURMİES, B. BREDENEY, B. (1972). Zur Fraktionierung der Bodenphosphate, Die Phosphorsaure Arbciten über Phosphorsaurefragen Band:29, Folge 2/3, s:118-151, tellus Verlag Essen

LİNDSAY, W.L. NORVELL, W.A.(1978). Development of a DTPA Soil Test for Zinc, İron Manganase and Copper, Soil Sci. Soc. of Amer. Journal, 42:421-/428.

MERCK, E.(1973). Die Untersuchung von Wasser (7. unveranderte Auflage). Darmstadt, Deutschland.

PARKER, C.R.(1972). Water Analysis by Atomic Absorbstion Spectroscopy, Varian Techtron Pty, Ltd. Springvale-Australia.

POLAT,A.(2013). Su Kaynaklarının Sürdürülebilirliği İçin Arıtılan Atıksuların Yeniden Kullanımı. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6 (1): 58-62.

RAUTERBERG, E. KREMKUS, F.(1951). Bestimmung von Gesamthumus und Alkalilöslichen Humusstoffen im Boden. Z.F. Planzenernaehrung, Düngung und Bodenkunde, Verlag, Chemice Gmbh, Weinheim.

RİEHM, H.(1957). Untersuchungen über die Augustenburg zu Gearbeitete Methode zur Bestimmung des Heisswasser Löslichen Bors im Boden nack Berger und Trough. Agrochimica 1(2):91-106.

SCHLİCHTİNG, E. BLUME, H.P.(1966) , Bodenkundliches Praktikum. Verlag Paul Paney, Hamburg und Berlin, S:121-125.

SLAWİN, W.(1968). Atomic Absorbtion Spectroscopy, Interscience Publisher, New York.

U.S. SALİNİTY LAB. STAFF.(1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils U.S. Goverment Handbook No:60, Printing Office, Washington.

U.S. SOİL SURVEY STAFF. (1951). Soil Survey Manual U.S. Department Agriculture Hand book, U.S. Goverment Printing Office Washington, No:18.

WEHRMANN, J.SCHARPF, H.C.(1979). Der Mineralstickstoffgehalt des Bedens als Maβstab für Stickstoffdünger Bedarf, Pland and Soil 52(1): 109-126.

YÜCEL, M.(1990). Çevre ve Doğa Koruma. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Adana. No.119,1155.

BİTKİ PATOJENLERİNİN BİYOLOJİK KONTROLÜ VE ETKİ MEKANİZMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Gül İMRİZ
Dicle Üniversitesi

ÖZET: Tarımsal ürünlerde kayıplara sebep olan faktörler arasında hastalık ve zararlılar önemli bir paya sahiptir. Alınan tedbirlerin çoğu kısa sürede çözüme ulaştırabilen kimyasal savaşıma yönelik olmakla beraber organizmalar arasındaki doğal denge üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Biyolojik kontrol ajanı, patojeni baskılayan bir organizma olarak tanımlanabilir. Bitkiler için biyolojik kontrol, çeşitli etkileşimlerin sonucunda bitki lehine gelişen pozitif bir durum olarak kabul edilir. Patojen ve biyo-kontrol ajanı arasında gelişen etkileşimlerden birisi olan antagonizm ise, patojen aktivitelerinin diğer organizmaların varlığı ve faaliyetleriyle engellenmesine dayanır. Bitki patojenlerinin biyolojik kontrolü organizmalar arasındaki farklı etkileşimler üzerine yapılan araştırmalar antagonizmin etki mekanizmaları üzerine yoğunlaşmıştır. Organizmanın etki mekanizmasına göre antagonizm; i) direkt antagonizm ii) kombine antagonizm iii) indirekt antagonizm olmak üzere üç gruba ayrılmıştır..

Biyolojik kontrol, Entegre Zararlı Yönetimi (IPM) sistemlerinin önemli bir bileşenidir. Bitki patojenleri ile savaşımda biyo-kontrol ajanı olarak başarılı bir şeklide kullanılan organizmalar mevcuttur ve kullanımlarının artması beklenmektedir. Bu çalışmanın amacını, bitki patojenlerinin biyolojik kontrolü ve mekanizmaları ile ilgili çalışmalardan edinilen bilgileri derleme halinde bir araya getirmek oluşturmuştur.

Anahtar Kelimeler: fitopatojen, bio-kontrol, organizma, mekanizma

Biological Control of Plant Pathogens and Their Mode of Actions

ABSTRACT: Agricultural product losses due to diseases and pests constitute an important share in the causing factors. Most of the practices tend to chemical protection of plants, due its quick action; have a negative impact on the natural balance between pathogen and bio-control organisms. Biological control agent can be defined as an organism that suppresses the pest or pathogen. For plants, biological control can be regarded as a positive resultant occurs from a variety of interactions. Since biological control of the plant pathogens can ensue from many different types of interactions between organisms, researches have been focused on the mechanisms including antagonism. The antagonism is that pathogen activities are hindered by the presence and actions of

other organisms. The antagonism is divided into three types on the basis of mechanisms of the antagonistic organism; i) Direct antagonism ii) Combined antagonism iii) Indirect antagonism.

Biological control is an important component of Integrated Pest Management (IPM) systems. Organisms that are successfully used as bio-control agents against plant pathogens are available and expected an increase in their use in IPM systems. The aim of the present study is to compile the knowledge of the bio-control of plant pathogens and its mechanisms in the actions.

Key words: phytopathogen, bio-control, organism, mechanism

1. GİRİŞ

Bitkisel üretimde verimi yükseltmek ve kaliteyi korumak için bitki hastalıkları ile mücadele etmek gerekmektedir. Bitki hastalıklarını önlemek, azaltmak veya kontrol altına almak için farklı yöntemler kullanılabilir. İyi agronomik uygulamalarının yanı sıra, yetiştiriciler genellikle kimyasal gübrelere ve böcek ilaçlarına kısa sürede sonuç verdiği için çok güvenmektedir. Tarıma yapılan bu girdiler, son yüzyıla yakın bir süredir mahsul verimliliğinde ve kalitesinde çarpıcı gelişmelere önemli katkılarda bulunmuştur. Bununla birlikte, aşırı ilaç kullanımı ve tarım kimyasallarının bilinçsiz kullanılması sonucu oluşan çevre kirliliği, insanların tarımda pestisit kullanımına yönelik tutumlarında önemli değişikliklere de yol açmıştır.

Bugün, pek çok ülkede kimyasal pestisit kullanımı ile ilgili bir takım düzenlemeler getirilmiştir. Sonuç olarak, araştırmacılar bitki zararlıları ve hastalıklarını kontrol etmek için sentetik kimyasallara alternatif yaklaşımlar geliştirme çabalarına odaklanmıştır. Bu alternatifler arayışlar içerisinde biyolojik kontrol önemli yeri tutmaktadır. Çeşitli biyolojik kontrol yöntemleri mevcuttur, ancak daha etkin bir kontrol için bitkiler, insanlar ve çevre arasındaki karmaşık etkileşimlerin daha iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu çalışmada, bitki hastalıklarının bastırılmasında biyolojik kontrolün doğası ve uygulamasına ilişkin bilgilere değinilmiştir.

1.1. BİYOLOJİK KONTROL TANIMLARI

Biyolojik kontrol" diğer bir deyişle "biyokontrol" terimleri, özellikle entomoloji ve bitki patolojisi olmak üzere farklı biyoloji alanlarında kullanılmaktadır. Bitki patolojisinde bu terim, hastalıkları baskılamak için mikrobiyal antagonistlerin kullanımı ve yabancı ot popülasyonlarını kontrol etmek için konakçıya özgü patojenlerin kullanımı olarak tanımlanmıştır. Patojeni baskılayan organizmaya biyolojik kontrol

ajanı (BCA) denilmektedir. Daha geniş anlamda, biyolojik kontrol terimi, çeşitli kaynaklardan elde edilen veya fermente edilmiş doğal ürünlerin kullanımını da kapsamaktadır. Literatürde sunulan çeşitli tanımlar bazen karışıklığa ve tartışmaya neden olmuştur. Örneğin, ABD Ulusal Araştırma Konseyi üyeleri, modern biyoteknolojik gelişmeleri dikkate almış ve biyolojik kontrole "istenmeyen organizmaların etkilerini azaltmak için doğal veya modifiye organizmaların, genlerin veya gen ürünlerinin kullanılması" olarak tanımlamıştır. En geniş şekilde biyolojik kontrol, bir organizmanın zarar verici faaliyetlerinin, genellikle doğal düşmanlar olarak adlandırılan bir veya daha fazla başka organizma tarafından baskılanmasıdır. Daha dar bir şekilde, biyolojik kontrol, bir veya daha fazla bitki patojeninin aktivitelerini ve popülasyonlarını baskılamak için, hastalığa dirençli konukçu bitkiler dışındaki, yerli veya yerli olmayan canlı organizmaların kullanımını içerir. En dar şekilde, biyolojik kontrol, tek bir tarım sisteminde tek bir antagonist tarafından tek bir patojenin (veya haşere) bastırılmasını ifade eder.

1.2. BİYOLOJİK KONTROLDE ORGANİZMALARIN ETKİLEŞİMLERİ

Yaşam döngüleri boyunca, bitkiler ve patojenler çok çeşitli organizmalarla etkileşime girer. Bu etkileşimler bitki sağlığını çeşitli şekillerde önemli ölçüde etkilemektedir. Biyolojik kontrol mekanizmalarını anlamak için, organizmaların etkileşime şekillerin anlaşılması gerekmektedir. Ayrıca, etkileşime girebilmek için organizmaların bir tür doğrudan ya da dolaylı temasa sahip olmaları gerekmektedir. Etkileşim türleri, mutualizm, protoko-operasyon, kommensalizm, nötralizm, yarış, parazitizm, antagonizm and predasyon olarak gruplandırılmıştır (Odum, 1953). **Mutualizm**, her iki türün de fayda sağladığı iki veya daha fazla tür arasındaki ilişkidir. **Protoko-operasyon** mutualizm ile çok benzerdir ancak katılan organizmalar hayatta kalmak için yalnızca birbirlerine bağlı değildir. **Kommensalizm**, bir organizmanın fayda sağladığı ve diğerinin zarar görmediği veya faydalanmadığı iki canlı organizma arasındaki simbiyotik bir etkileşimdir. **Neutralizm**, bir türün popülasyon yoğunluğunun diğerine hiçbir şekilde hiçbir etkisi olmadığı bir biyolojik etkileşimi tanımlar. **Antagonizmde** ise organizmalar arasındaki etkileşim biri veya her ikisi için de olumsuz sonuçlara yol açar. Organizmalar içinde ve arasında **Yarış**, etkileşime giren organizmaların büyümesinde, aktivitesinde azalma ile sonuçlanır. **Parazitizm**, filogenetik olarak ilişkili olmayan iki organizmanın uzun bir süre boyunca bir arada bulunduğu ve birinin diğerine zarar vererek yarar sağladığı ilişkidir. **Predasyon**, tüketim ve devamlılık için bir organizmanın diğeri tarafından avlanması ve öldürülmesi anlamına gelir.

1.3. BİYOLOJİK KONTROL MEKANİZMALARI

Biyolojik kontrol organizmalar arasında farklı türde pek çok etkileşimden kaynaklanabildiğinden, araştırmacılar farklı deneyler ile bu mekanizmaları karakterize etmişlerdir. Her durumda, patojenler etkileşimde olduğu diğer organizmaların varlığı ve aktiviteleri ile antagonize edilebilmektedir. Pal ve Gardener (2006), temasa bağlı olarak antagonizmi i) Direk antagonizm, ii) Kombine (Karışık-yollu) antagonizm iii) İndirek antagonizm olarak gruplandırmışlardır (Tablo 1).

Tablo 1. Bitki patojenlerinin biyolojik kontrolünde organizmalar arası antagonizm tipleri

Antagonizm Tipi	**Mekanizma**	**Örnekler**
Direk antagonizm	Hiperparazitizm/predasyon	Lytic/some nonlytic mycoviruses *Ampelomyces quisqualis* *Lysobacter enzymogenes* *Pasteuria penetrans* *Trichoderma virens*
Kombine (Karışık-yollu) antagonizm	Antibiyotikler	2,4-diacetylphloroglucinol Fenazinler Lipopeptidler
	Litik enzimler	Kitinazlar Glukanazlar Proteazlar
	Düzensiz atık ürünler	Amonyak Karbon dioksit Hidrojen siyanür
	Fiziksel / kimyasal etkileşim	Toprak gözeneklerinin tıkanması Çimlenme sinyalleri Moleküler cross-talk
İndirek antagonizm	Yarış	Su için yarış Siderophore süpürücü Fiziksel niş işgali
	Konukçu direncinin indüksiyonu	Fungus hücre duvarları ile temas Patojen ile ilişkili moleküler modeller

		Fitohormonlar ile indüksiyon

1.3.1. Hiperparazitizm ve Predasyon

Hiperparazitizmde, patojen doğrudan kendisini ya da propagüllerini öldüren belirli bir BCA tarafından saldırıya uğrar. Genel olarak dört ana hiperparazit sınıfı vardır. Bunlar, zorunlu bakteri patojenleri, hipovirüsler, fakültatif parazitler ve avcılardır. Hipovirüsler hiperparazittir. Kestane yanığına neden olan bir mantar olan *Cryphonectria parasitica'* yı enfekte eden ve patojenin hastalık oluşturma kapasitesinde azalmaya neden olan virüs, Hipovirüsler içinde yer almaktadır. Bununla birlikte, virüsün patojen kontrolünde başarısını, çevrenin etkileşiminin etkilediği bildirilmiştir (Milgroom ve Cortesi 2004). Bitki patojenlerinin birkaç fungal paraziti vardır, bunlar sklerotlara (örneğin, Coniothyrium minitans) enfekte edenlerin yanı sıra hiflere de (örn; *Pythium oligandrum*) saldırır. Tek bir fungal patojen, çok sayıda hiperparazitler tarafından hedef alınabilmektedir. Örneğin, *Acremonium alternatum, Acrodontium crateriforme, Ampelomyces quisqualis, Cladosporium oxysporum ve Gliocladium virens,* toz halinde küf patojenlerini parazitleme kapasitesine sahip mantarlara örnek verilebilir (Kiss, 2003). Diğer hiperparazitler, yaşam döngülerinin farklı aşamalarında (örneğin *Paecilomyces lilacinus* ve *Dactylella oviparasitica*) bitki-patojeni olan nematodlara saldırır. Hiperparazitizmin aksine, mikrobiyal predasyon patojene spesifik değildir ve genellikle daha az hastalık kontrolü seviyeleri sağlar.Bununla birlikte, *Trichoderma*, mantarların hücre duvarlarına etki eden bir dizi enzim üretmeketdir. *Trichoderma* spp. bitki patojeni, *Rhizoctonia solani* 'yi ürettiği kitinaz enzimi ile parazitlemektedir (Pal ve Gardener, 2006).

1.3.2. Antibiyotik Üretimi

Antibiyotikler, düşük konsantrasyonlarda diğer mikroorganizmaları zehirleyebilen veya öldürebilen mikrobiyal toksinlerdir. Mikropların çoğu, antibiyotik aktivitesine sahip bir veya daha fazla bileşik üretir. Bazı çalışmalarda, mikroorganizmaların ürettiği antibiyotiklerin bitki patojenlerini ve neden oldukları hastalıkları baskılamada özellikle etkili olduğu gösterilmiştir. Antibiyotiklerin özellikle hedef patojenin *in vitro* ve / veya *in vivo* büyümesini baskılamasında etkili olduğu gösterilmiştir. Biyokontrol etkisinin yüksek olabilmesi için, antibiyotiklerin yeterli miktarda üretilmesi gerekir. Antibiyotiklerin çeşitli farklı biyolojik kontrol ajanları tarafından üretildiği ölçülmüştür (Thomashow vd. 2002). Biyontrol ajanlarının ne zaman ve nerede antibiyotik üretebileceğini belirlemek enfeksiyon işlemi esnasında gen ekspresyonun tespiti, mikroorganizmaların ve potansiyel enfeksiyon bölgelerinin heterojen dağılımı nedeniyle oldukça güçtür (Notz vd. 2001). Birkaç çalışmada, antibiyotiklerin

biyosentezinden sorumlu bir veya daha fazla genin manipülasyonu ile biyokontrol bakterilerinin antibiyotik üretiminin tarafından önemi ortaya konmuştur. Örn; fenazinler (Thomashow ve Weller, 1988) veya floroglusinoller (Keel vd. 1992) üretemeyen mutant streynlerin, rizosferde kolonize olabildiği, ancak toprak kaynaklı kök hastalıklarını bastırma kabiliyetlerinin azaldığı gösterilmiştir. Bir veya daha fazla patojeni baskılayabilen birden fazla antibiyotik üreten biyolojik kontrol ajanları bilinmektedir. Örn; *Bacillus cereus* UW85'in hem zwittermicin (Silo-Suh vd., 1994) hem de kanosamin (Milner vd., 1997) ürettiği bilinmektedir. Farklı patojenleri farklı şekilde inhibe edebilen çeşitli antibiyotik üretme kabiliyeti bir biyolojik kontrol ajanının başarısını yükseltebilmektedir. Örn; fenazin üretiminden sorumlu olan genin değiştirilmesine rağmen *Pseudomonas putida* mutant streyni WCS358r ile tarlada koşullarında buğdayda farklı bitki hastalıklarını baskılamada başarılı olduğunu bildirilmiştir (Glandorf vd. 2001).

1.3.3. Litik Enzimler ve Diğer Mikrobiyal Ürünler

Çeşitli mikroorganizmalar, patojen büyümesi ve / veya aktivitelerine müdahale edebilecek başka metabolitleri de salgılarlar. Birçok mikroorganizma, kitin, proteinler, selüloz, hemiselüloz ve DNA dahil olmak üzere çok çeşitli bileşikleri hidrolize edebilen **litik enzimler** üretirler. Bu enzimlerin farklı mikroorganizmalar tarafından salgılanması bazen patojen aktivitelerinin doğrudan baskılanmasına neden olabilir. Örn; *Sclerotium rolfsii*'nin *Serratia marcescens* tarafından kontrol edilmesi kitinaz enzimi ile gerçekleşmektedir (Ordentlich vd. 1988). Canlı organizmaların hücre duvarlarına direk etkileri olsa da bu enzimler genellikle bitki kalıntılarını ve canlı olmayan organik maddeleri ayrıştırır. *Lysobacter* ve *Myxobacteria'* nın bol miktarda litik enzim ürettiği bilinmektedir ve bazı izolatların fungal bitki patojenlerini baskılamasında etkili olduğu gösterilmiştir (Kobayashi ve El-Barrad 1996; Bull vd. 2002).

Hasat sonrası hastalık kontrolünde, kitosan ilavesi, uygulanan hiperparazitzme benzer şekilde patojenleri baskılayabilmektedir (Benhamou, 2004). Kitosan, kitinin deasetilasyonu ile üretilen, toksik olmayan ve biyolojik olarak parçalanabilen bir aminopolisakkarittir. Kitosan ile muamele edilen domates bitkilerinde *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici'*nin neden olduğu kök çürüklüğünün kontrol edilebildiği bildirilmiştir (Lafontaine ve Benhamou, 1996). Kitosanın etki mekanizmasının tam olarak anlaşılmamasına rağmen, kitosan uygulamasının patojenlere direnci arttırdığı görülmüştür.

Diğer mikrobiyal yan ürünler de patojen baskılanmasına katkıda bulunabilir. Hidrojen siyanür (HCN) sitokrom oksidaz yolunu etkili bir şekilde bloke eder. HCN

pikomolar konsantrasyonlarda tüm aerobik mikroorganizmalar için oldukça toksiktir. Bazı floresan *Pseudomonaslar* tarafından HCN üretiminin, kök patojenlerin baskılanmasında rol oynadığı düşünülmektedir. *P. fluorescens,* antibiyotik, siderofor ve HCN üretebilmektedir. Bu bakteri ile *Thielaviopsis basicola'*nın neden olduğu tütün çürüklüğünün kontrolünün HCN üretimine bağlı olduğu tespit edilmiştir (Voisard vd. 1989). Howell vd. (1988) *Enterobacter cloacae* tarafından üretilen amonyak gibi uçucu bileşiklerin, pamukta *Pythium'* un baskılamasında rol oynadığını bildirmiştir. Biyokontrol ajanlarının pek çok farklı bileşik salgılasa da, doğal sistemlerde bitki hastalığının varlığında ve yokluğunda üretilen bileşiklerin tipleri ve miktarları konusu halen tam anlamıyla açıklığa kavuşmamıştır.

1.3.4. Yarışma

Faklı mikoorganizmalar için, toprak ve üzerinde yaşayan bitkiler besin için sınırlı ortamlardır. Bitkileri başarılı bir şekilde kolonizasyon için bir mikrobun mevcut besinler, yer ve su için etkin bir şekilde diğerleri ile rekabet etmesi gerekir. Besinler böcekler, bitkiler gibi diğer organizmaların atık ürünlerinden ve topraktan da elde edilir. Yapılan çalışmalar, besin kaynakları için patojenler ve patojen olmayan organizmalar arasındaki rekabetin, hastalık insidensi ve şiddetinin azaltılmasında önemli bir etken olduğunu göstermiştir. Spermosferdeki besin maddelerinin *Enterobacter cloacae* tarafından katabolize edilmesi, toprak kökenli patojen *Phytium'* un baskılanmasına katkıda bulunan bir mekanizma olarak tanımlanmıştır (Van Dijk ve Nelson 2000; Kageyama ve Nelson 2003). Aynı zamanda, bu mikroorganizmalar patojenleri baskılayan metabolitler de üretirler. Bu faydalı organizmalar sekonder köklerin çıkış noktaları, hasarlı epidermal hücreler, nektarlar gibi su ve karbon içeren besin maddelerinin en kolay bulunduğu bölgeleri kolonize ederler ve kök müsilajını kullanırlar.

Demir gibi nadir fakat temel mikro besinler için rekabete dayanan bir biyokontrol pek çok çalışmaya konu olmuştur. Toprak pH'sına bağlı olarak demir, rizosferde son derece kısıtlıdır. Böyle bir ortamda hayatta kalmak için organizmalar, demirleri alabilmek için sideforlar olarak adlandırılan demir bağlayıcı ligandları salgıladıkları bulunmuştur. Kloepper vd. (1980), PGPR olan *Pseudomonas fluorescens* streynleri A1, BK1, TL3B1 ve B10 tarafından salgılanan sideroforlar ile *Erwinia carotovora'* nın kontrolünü sağladıkları çalışma ile sideroforoların önemini ortaya koymuşlardır.

1.3.5. Konukçu Direncinin İndüklenmesi

Bitkiler, yer çekimi, ışık, sıcaklık, fiziksel stres, su ve besin stresi gibi çeşitli çevresel uyarılara aktif olarak yanıt verirler. Bitkiler ayrıca toprak ve bitki ile ilişkili mikroorganizmaların ürettiği çeşitli kimyasal uyarıcılara da cevap verirler. Bu tür uyarıcılar, çeşitli patojenlerin enfeksiyonlarına karşı biyokimyasal değişiklikler yoluyla konukçu bitki savunmasını tetiklemektedirler. Konukçu savunmalarının uyarılması, türe ve uyarıcı miktarına bağlı olarak lokal ve / veya sistemik olarak gelişebilmektedir. Son zamanlarda, fitopatologlar biyolojik kontrol ajanları ve diğer patojenik olmayan mikroorganizmaların indüklediği dayanıklılıkların mekanizmasını karakterize etmeye başlamışlardır. Bunlardan ilki, sistemik kazanılmış direnç (SAR) olarak adlandırılan, patojen enfeksiyonunu takiben sıklıkla üretilen ve tipik olarak patogenez ile ilişkili (PR) proteinlerin ekspresyonuna yol açan bir bileşik olan salisilik asit (SA)'tir. Bu PR proteinleri, bazıları doğrudan istilacı hücreleri parçalamak için etki edebilen, enfeksiyonlara direnmek için hücre duvarlarını güçlendiren veya lokalize hücre ölümünü uyaran çeşitli enzimlerden oluşmaktadır. İkincisi ise, indüklenmiş sistemik dayanıklılık (ISR) olarak adlandırılmaktadır ve bazı patojenik olmayan rizobakterilerin uygulamalarını takiben üretilen jasmonik asit (JA) ve / veya etilen üretilmesi ile tanımlanmıştır.

Bir dizi kök kolonize edici mikroorganizma grubu, bitki savunmasının potansiyel elisitörleri olarak tanımlanmıştır. Bazı *Pseudomonas* sp. ve *Trichoderma* sp. bitki savunmasını kuvvetle uyardığı bilinmektedir (Harman, 2004; Haas ve Defago, 2005). Bazı durumlarda, bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) ile inokulasyon, antraknoz (*Colletotrichum lagenarium*), köşeli yaprak lekesi (*Pseudomonas syringae pv. lachrymans*)ve bakteri solgunluğu (*Erwinia tracheiphila*) dahil olmak üzere farklı patojenlerin neden olduğu birden fazla etmenin kontrolünde etkili olmuştur. PGP streynleri tarafından salisilik asit, siderofor, lipopolisakkaritler ve 2,3-bütandiol ve diğer uçucu maddeler de dahil olmak üzere bir dizi SAR ve ISR elisitörü üretilebildiğine dair bilimsel raporlar mevcuttur (Van Loon vd. 1998, Ongena vd. 2004; Ryu vd., 2004).

2. SONUÇ

Biyolojik kontrol uzun yıllardır yapılan önemli çalışmalar ile akademik bir disiplin olarak gelişmiş ve şimdi hem kamu hem de özel sektörde desteklenen olgunlaşmış bir dal haline gelmiştir. Biyolojik kontrol ile ilgili araştırmalar, özellikle bitki patolojisi ve entomolojisi ile ilgili birçok bilimsel dergide önemli yer almaktadır. Bilişim, moleküler biyoloji, analitik kimya ve istatistik alanlarındaki önemli ilerlemeler, biyolojik kontrol ajanlarının, patojenlerin ve konukçu bitkilerin yapı ve fonksi-

yonlarının moleküler, hücresel, organizma ve ekolojik seviyelerde karakterize edilmesine yönelik araştırmaların önünü açmıştır. Şu anda biyolojik kontrol teknolojilerini ve uygulamalarını kolaylaştırmaya yönelik çalışmalar sınırlı sayıdadır ve bu teknolojik ilerlemeleri kullanarak artırılması gerekmektedir.

Biyolojik kontrolün maliyeti, uygunluğu, etkinliği ve güvenilirliği önemli hususlardır. Kültürel önlemler (örn; sanitasyon,iyi toprak hazırlığı ve su yönetimi) ve konukçu direnci birçok hastalığın kontrolünde en etkin faktörlerdir. Bu nedenle, biyolojik kontrol, bu tür agronomik uygulamalar hastalık kontrolü için yetersiz kaldığı durumlarda devreye girmelidir. Bununla birlikte, genel olarak, bazı pestisitlerin sağlıkla ilgili olan negatif etkileri, biyolojik kontrol stratejilerinin benimsenmesini destekleyen başlıca itici güçlerdir. Yapılan çalışmalar, toprak kaynaklı ve hasat sonrası hastalıkların dahil olduğu farklı hastalıkların başarılı bir şekilde biyo-kontrolünün sağlanabildiğini göstermiştir. Bu nedenle BCA' larının IPM sistemlerindeki yerinin önümüzdeki yıllarda daha da artırılması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

BENHAMOU, N. (2004). Potential of the mycoparasite, *Verticillium lecanii*, to protect citrus fruit against *Penicillium digitatum*, the causal agent of green mold: A comparison with the effect of chitosan. Phytopathology 94:693-705.

BULL, C. T., SHETTY, K. G., SUBBARAO, K. V. (2002). Interactions between *Myxobacteria*, plant pathogenic fungi, and biocontrol agents. Plant Dis. 86:889-896.

GLANDORF, D. C., VERHEGGEN, P., JANSEN, T., JORRİTSMA, J. W., SMİT, E., LEEFANG, P., WERNARS, K., THOMASHOW, L. S., LAUREİJS, E., THOMAS-OATES, J. E., BAKKER, P. A., VAN LOON, L. C. 2001. Effect of genetically modified *Pseudomonas putida* WCS358r on the fungal rhizosphere microflora of field-grown wheat. Appl. Environ. Microbiol. 67:3371-3378.

HAAS, D., DÉFAGO, G. (2005) Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. Nature Reviews Microbiology, 3, 307-319. http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro1129 Harman, G. E., Howell, C. R., Vitarbo, A., Chet, I., and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species - opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Rev. Microbiol. 2:43-56.

HOWELL, C. R., BEİER, R. C., STİPANOVİC, R. D. 1988. Production of ammonia by *Enterobacter cloacae* and its possible role in the biological control of *Pythium* pre- emergence damping-off by the bacterium. Phytopathology 78:1075-1078.

KAGEYAMA, K., NELSON, E.B. 2003. Differential inactiviation of seed exudates stimulation of *Pythium ultimum* sporangium germination by *Enterobacter cloacae* influences biological control efficacy on different plant species. Appl. Environ. Microbiol. 69:1114-1120.

KEEL, C. VOİSARD, C., BERLİNG, C. H., KAHİR, G., DEFAGO, G. 1989. Iron sufficiency is a prerequisit for suppression of tobacco black root rot by *Pseudomonas fluorescnes* strain CHA0 under gnotobiotic contiditions. Phytopathology 79:584-589.

KİSS, L. 2003. A review of fungal antagonists of powdery mildews and their potential as biocontrol agents. Pest Manag. Sci. 59:475-483.

KLOEPPER, J. W., LEONG, J., TEİNTZE, M., SCHROTH, M. N. 1980. *Pseudomonas* siderophores: A mechanism explaining disease suppression in soils. Current Microbiol. 4:317-320.

KOBAYASHİ D. Y., EL-BARRAD N. E. H. (1996). Selection of Bacterial Antagonists Using Enrichment Cultures for the Control of Summer Patch Disease in Kentucky Bluegrass, Current Microbiology Vol. 32 (1996), pp. 106–111.

LAFONTAİNE, P. J., BENHAMON, N. (1996). Chitosan treatment: an emerging strategy for enhancing resistance of greenhouse tomato to infection by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicilycopersici*. Biocontrol Sci. Technol 6:111-124.

MİLGROOM M. G., CORTESİ P. (2004). Biological control of chestnut blight with hypovirulence: a critical analysis. Annu. Rev. Phytopathol. 42:311-338.

MİLNER R.J., (1997). Prospects for biopesticides for aphid control, Entomophaga, 42: 227-239 http://dx.doi.org/10.1007/BF02769900

NOTZ, R., MAURHOFER, M., SCHNİDER-KEEL, U., DUFFY, B., HAAS, D., DEFAGO, G. (2001). Biotic factors affecting expression of the 2,4-diacetylphloroglucinol biosynthesis gene phlA in *Pseudomonas fluorescens* biocontrol strain CHA0 in the rhizosphere. Phytopathology 91:873-881. Odum, E. P. 1953. Fundamentals of Ecology. W. B. Saunders, Philadelphia / London.

ONGENA, M., DUBY, F., ROSSİGNOL, F., FOUCONNİER, M. L., DOMMES, J., THONART, P. (2004). Stimulation of the lipoxygenase pathway is associated with systemic resistance induced in bean by a nonpathogenic *Pseudomonas* strain. Mol. Plant-Microbe Interact. 17:1009-1018.

ORDENTLİCH, A., ELAD, Y., CHET, I. (1988). The role of chitinase of *Serratia marcescens* in the biocontrol of *Sclerotium rolfsii*. Phytopathology 78:84-88.

PAL K. K., B. B. Mc SPADDEN GARDENER (2006). Biological Control of Plant Pathogens. The Plant Health Instructor, 1117-02.

RYU, C. M., FARAG, M. A., HU, C. H., REDDY, M. S., KLOEPPER, J.W., PARE, P. W. (2004). Bacterial volatiles induce systemic resistance in *Arabidopsis*. Plant Physiol. 134:1017-1026.

SİLO-SUH LA, LETHBRİDGE BJ, RAFFEL SJ, HE H, CLARDY J, HANDELSMAN J. (1994). Biological activities of two fungistatic antibiotics produced by *Bacillus cereus* UW85. Appl Environ Microbiol. 1994 Jun;60(6):2023–2030.

THOMASHOW, L. S., WELLER, D. M. (1988). Role of a phenazine antibiotic from *Pseudomonas fluorescens* in biological control of *Gaeumannomyces graminis* var. tritici. J. Bact. 170:3499-3508.

THOMASHOW, L. S., WELLER, D. M., BONSALL, R. F., PİERSON, L. S. (1990). Production of the antibiotic phenazine-1-carboxylic acid by fluorescent pseudomonas in the rhizosphere of wheat. Appl. Environ. Microbiol. 56:908-912.

VAN DİJK, K., NELSON, E. B. (2000). Fatty acid competition as a mechanism by which *Enterobacter cloacae* suppresses *Pythium ultimum* sporangium germination and dampingoff. Appl. Environ. Microbiol. 66:5340-5347.

VAN LOON, L. C., BAKKER, P. A. H. M., PİETERSE, C. M. J. (1998). Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. Annu. Rev. Phytopathol. 36:453-483.

VOİSARD, C., KEEL, C., HAAS, D., DEFAGO, G. (1989). Cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* helps suppress black root of tobacco under gnotobiotic conditions. EMBO J. 8:351-358.

TOPRAKTA PESTİSİT KALINTILARININ BİYOREMEDİASYONUNDA BİTKİ BÜYÜMESİNİ DESTEKLEYEN RİZOBAKTERİLERİN ROLÜ

Dr. Öğr. Üyesi Gül İMRİZ
Dicle Üniversitesi

ÖZET: Ağır tarımsal üretime maruz kalan alanlarda, topraktaki kimyasal kalıntılar (ağır metaller) göz ardı edilemez hale gelmiştir. Biyoremediasyon, geniş anlamda tehlikeli kirleticileri yok etmek ve ekosistemi eski haline getirmek için mikroplar ve bitkilerin biyolojik mekanizmalarının kullanılmasına dayanır. Bu mikroorganizmalar arasında bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR'ler), ürettikleri enzimler sayesinde ağır metalleri zararsız ürünlere çevirme özelliği ile diğer remediasyon yöntemlerine göre daha etkin ve kolay uygulanabilir olarak görülmektedir. PGPR'ler, kök/veya kök yüzeyini çevreleyen toprakta yaşayan bakterileridir. Bitki kök yüzeyini ve rizosfer toprağı doğası gereği habitat edinen bu bakteriler, doğrudan ve dolaylı etki mekanizmalarıyla veya her ikisiyle birlikte bitki büyümesini ve doğal dengeyi destekleyebilmektedirler. Son yıllarda pestisit kalıntıları ile kirlenmiş toprakların PGPR'ler aracılığıyla bio-degredasyonuna (biyo-bozunma) yönelik artan ilgi dikkatleri çekmektedir. PGPR'ler tarafından biyoremediasyona ilişkin çalışmalar sınırlı sayıda olmasına rağmen, mevcut çalışmalar PGPR'lerin pestisit kalıntılarının zararlarını zararsız duruma dönüştürebildiklerini göstermektedir. Sonuç olarak, bugüne kadar yapılan çalışmalara göre, tarımsal üretimde pestisit kalıntılarının da dahil olduğu birçok biyotik/abiyotik problemlerin üstesinden gelmek için faydalı rizobakterilerin kullanımı çevre dostu ve bir yaklaşım olarak umut vermektedir.

Anahtar kelimeler: Pestisit, ağır metaller, PGPR, biyoremediasyon

The Role of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in Bioremediation of Pesticide Residues in Soil

ABSTRACT: In the lands exposed to heavy agricultural production, pesticide residues (heavy metals) in the soil have become undeniable. Bioremediation is a natural process, which broadly based on the use of biological mechanisms of microorganisms and plants to eliminate hazardous pollutants and restore the ecosystem.. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPRs), in those, stand out with bioremediation feature which is degradation of the heavy metals into harmless products by secreted metabolites such as enzymes. PGPRs

are soil bacteria that habitat the roots surrounding soil and / or root surface. Rising interest on biodegradation via PGPRs have attracted attentions in recent years for remediation of contaminated soils with pesticide residues. Even the number of studies associated with bioremediation by PGPRs is limited; the current studies demonstrate PGPRs have ability to convert the harm of the pesticide residues into the harmless state. Consequently, on the basis of relevant studies to date, the use of beneficial rhizobacteria give promise as a natural approach to overcome many abiotic / biotic problematic factors in agricultural production including pesticide residue.

Key words: Pesticide, heavy metals, PGPR, bioremediation

1. GİRİŞ

Bitkisel üretimde hastalık ve zararlı böceklerden doğan verim kayıplarını minimum seviyeye düşürmek ve ürün kalitesini korumak için kimyevi pestisitler kullanılmaktadır. Tarımsal üretimde bu sentetik kimyasalların uzun seneler boyunca kullanımı, ağır metaller ve organik kirleticilerin topraktaki kalıntıları gibi çevresel problemlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ağır metaller, biyolojik olarak parçalanamayan doğası nedeniyle toprakta biriken birincil inorganik kirletici maddelerdir (Rajkumar ve ark., 2012). Toprakta biriken bu maddeler zincir halinde doğada ve gıdalarda kalıntı oluşturarak canlılar için tehlike oluşturmaktadır.

Ağır metaller sitotoksiktir ve insanlarda kansere neden olabilmektedirler. Metal iyonlarının bitkilerde ve dolayısıyla gıdalarda birikmesi, biyomagnifikasyon (iyon konsantrasyonlarındaki artış) yoluyla toksisitenin artışına neden olur. Böylece gıda zinciri yoluyla insanlarda organ bozunmaları, bazı kronik sendromlar ve kanserojenik etkiler ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca, kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), civa (Hg), krom (Cr), çinko (Zn), uranyum (Ur), selenyum (Se), gümüş (Ag), altın (Au), nikel (Ni) ve arsenik (As) gibi toksik ağır metaller, bitkiler için fotosentetik aktivitelerini, bitki mineral alımını ve enzim aktivitelerinin azalmasına sebep olduklarından dolayı bitki büyümesini azaltabilmektedirler (Blaylock vd., 1997; Gupta ve Mohohaptra, 2003).

Bugüne kadar kirliliğe yol açan faktörlerin arındırılmasında çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerden birisi olan biyoremediasyon, çevrenin kirleticilerden arındırılması için biyolojik içerikli bir takım işlemleri içermektedir. Bu işlemler tehlikeli kirleticileri yok etmek ve ekosistemi eski haline getirmek için mikroplara ve bitkilere özgü biyolojik mekanizmaların kullanılmasına dayanmaktadır. Biyoremediasyonun temel prensipleri, pH'yı değiştirerek

çevresel kirleticilerin çözünürlüğünün azaltılmasını, redoks reaksiyonlarını ve kirleticilerin ortamdan adsorpsiyonunu içerir. Sulu ortamlarda pH seviyelerinin değiştirilmesiyle pentaklorofenolün biyosorpsiyonunu arttırma konusunda çeşitli raporlar mevcuttur. Biyoremediasyon ***in situ*** veya ***ex situ*** olarak gerçekleşebilir. *In situ* biyoremediasyon, kirletici maddeleri bozma kabiliyetinde mikroorganizmaların kullanımı ya da genetik modifiye olmuş spesifik bazı kirletici maddelerin yapısını bozabilen mikroorganizmaları teşvik etmek için besin element takviyesi ile toprakların yerinde temizlenmesi işlemidir. *Ex-situ* biyoremediasyon, kontamine olmuş ortamın (toprağın) orijinal bölgesinden başka bir bölgeye götürülüp iyileştirilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır. Bu işlemin başarısı genellikle kontaminasyonun derinliği, kirletici maddenin türü ve ortamın kirlilik derecesi, coğrafi bölge ve kontamine olmuş yerin jeolojisine dayanır (Azubuike vd., 2016).

Biyoremediasyon**,** ağır metaller ile kirlenmiş toprağı iyileştirmek için, çok pahalı ve zararlı ürün çıktısı olabilen fiziko-kimyasal iyileştirme teknolojilerine kıyasla maliyet açısından daha etkin ve uygun bir çözüm olarak düşünülmektedir (Quartacci vd., 2006). Bunun yanı sıra, ağır metal iyonlarını adsorbe edebilen (PGPR-**P**lant **G**rowh **P**romoting **R**hizobacteria) bitki büyümesini destekleyen rizobakterilerin kullanılması çevre dostu bir alternatif olarak öngörülmektedir. PGPR'ler, azot bağlama, fosfor indirgenmesi, ağır metallerin degredasyonu, hormon üretimi, su ve mineral alımı, kök büyümesinin desteklenmesi, bitkilerde enzim aktivitesini arttırma gibi etki mekanizmalarıyla bitkilerin lehine çalışan ve rizosfer bakterileridir (Ahemad and Kibret, 2013; Imriz vd., 2015)

Ağır metallerin biyolojik olarak bozunmaması, biyolojik metabolizmadan atılmasını zorlaştırmaktadır. Ölümcül olmaları nedeniyle tüm dünyada sağlığı tehdit eden bir unsurdur. Hg, Cr, As, Zn, Cd, Ur, Se, Ag, Au ve Ni, çevreyi kirleten ve toprağın kalitesini, mahsul üretimini ve halk sağlığını olumsuz yönde etkileyen tehlikeli ağır metallerdir (Ojuederie ve Babalola, 2017). Canlı organizmaların hayatta kalabilmesi için kobalt (Co), bakır (Cu), demir (Fe), manganez (Mn) ve molibden (Mo) gibi ağır metallere az miktarlarda gereksinimleri vardır. Kapsamlı Çevresel Tepki, Tazminat ve Sorumluluk Yasası (ABD) bazı ağır metallerin sudaki azami konsantrasyonlarını Ar (0.01 mg · L − 1), Cd (0.05 mg · L− 1), Cr (0.01 mg · L 1), Pb (0.015 mg · L 1), Hg (0.002 mg · L 1) ve Ag (sırasıyla 0.05 mg · L L 1) olarak belirlemiştir. Konsantrasyonlar izin verilen bu miktarların üzerine çıktığında ürün bitkisinin etkileneceği ve dolayısıyla halkın sağılığının tehdit altına gireceği bildirilmiştir (Ojuederie ve Babalola, 2017).

2. MİKROORGANİZMALAR İLE AĞIR METALLERİN BİOREMEDİASYONU VE MEKANİZMALARI

Ağır metallerin moleküllerin işlevlerini değiştirdiği ve/veya engellediği; proteinlerin yapısını değiştirdiği veya işlevini değiştirdiği ve böylece canlılar için toksik bir tehlike olduğu bilinmektedir (Tak vd., 2013). Ağır metal bozunması için kullanılan ana arıtma rejimleri, pıhtılaşma, kimyasal çöktürme, elektrodiyaliz, buharlaşma ile geri kazanımı, yüzdürme, iyon değişimi, nanofiltrasyon, ters ozmoz, ultrafiltrasyon, vb. gibi yöntemlerin kullanımı çalışmalarda rapor edilmiştir (Gupta ve Diwan, 2016). Ayrıca ekstraksiyon, stabilizasyon, immobilizasyon, toprak yıkama vb. gibi fiziko-kimyasal işlemler yöntemler etkili olsalar bile, ikincil zararlı son ürünlerin üretiminin yanı sıra, yüksek enerji ve kimyasal reaktif gereksinimlerinden dolayı son derece pahalı olduğu bilinmektedir (Azubuike vd., 2016)]. Zehirli metal kalıntılarını uzaklaştırmanın ve ekosistemi stabilize etmenin etkin bir yolu, bu tür toksik ağır metalleri tehlikeli olmayan formlara dönüştürebilen mikroorganizmaların kullanımıyla mümkün olabilmektedir. Bununla birlikte, biyoremediasyon işleminin ancak, yalnızca ağır toksisiteyi iyileştirme ve tolere etme yeteneği kanıtlanmış mikroorganizmalar kullanıldığında mümkün olabilmektedir.

Metal toksisitesine dayanmak için çeşitli mekanizmalara sahip olan mikroorganizmalar, ağır metal ile kontamine olmuş ortamların düzeltilmesinde önemli yeri tutmaktadır. Mikroorganizmaların çok sayıda ağır metalin oksidasyonu, çökeltilmesi veya değiştirilmesi için kullanımı geniş olarak incelenmiştir (Gupta vd., 2016; Kang vd., 2016). Tek bir streyni kullanmak yerine, birden fazla bakteri streyninden oluşan bir konsorsiyumu kullanıldığında, ağır metallerin biyodegredasyonu daha başarılı olacağı çalışmalarda belirlenmiştir. Kang ve ark. (2016), dört streynin (*Viridibacillus arenosi* B-21, *Sporosarcina soli* B-22, *Enterobacter cloacae* KJ-46 ve *E. cloacae* KJ-47) toprakta Pb, Cd ve Cu bioremediasyonu üzerinde sinerjik etkisini araştırmışlardır. Tek bir kültürün kullanımına kıyasla bakteriyel karışımların, uygulamadan 48 saat sonra Pb için% 98.3, Cd için % 85.4 ve Cu için % 5.6 oranında olan arındırma etkinlikleri daha fazla direnç ve verime sahip olduklarını gözlemlemişlerdir. Mikrobiyal biyoremediasyon da farklı mekanizmalar mevcuttur. Bunlar;

1) Toksik metallerin, hücre çeperi bileşenleri veya hücre içi metal bağlama proteinleri ve metalotiyoninler (MT) ile ayrıştırılması

2) Metallerin enzim tarafından zararsız biçimlere dönüştürülmesi

3) Metal alımını engellemek için biyokimyasal yolların değiştirilmesi

4) Akış sistemleri ile hücre içi metal konsantrasyonunun azaltılması

Mikroorganizmaların etki mekanizması olan biyosorpsiyon, genel anlamda ağır metallerin, bileşiklerin veya partiküllerin, bir ortamdan doğal materyaller ile uzaklaştırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Mikrobiyal biyokütlenin biyosorpsiyon etkinliği mikroorganizmanın türüne, uygulanan ortamın önceden gördüğü işlemlere ve çevresel koşullara bağlı olarak değişebilmektedir.

Gram-pozitif bakteri hücre duvarı, alanin ve glutamik asit gibi amino asitlerin yanı sıra mezo-di-aminopimelik asit ve teikoik asit içeren peptidoglikan katmanlarından oluşur. Gram-negatif bakteri hücresinde ise enzimler, glikoproteinler, lipopolisakkaritler, lipoproteinler ve fosfolipitler bulunur. Hücre duvarının bu bileşenleri, metal iyonları için bağlayıcı olarak görev yaparlar (Fomina ve Gadd, 2014). Metal bağlanmaları için hücre duvarları aktif bölgelerdir, bu da kirlenmiş ortamlardan metallerin arındırılmasında rol oynar. Bakteriler kirli ortamların tedavisi için temel biyosorbentlerdir, çünkü kontrollü koşullar altında büyüyebilirler ve yoğun çevresel koşullara dayanabilirler. Tablo 1'de bazı bakterilerin kullanımı yoluyla ağır metallerin arındırılmasına ilişkin bazı çalışmalar verilmiştir.

Bakteriyel hücreler hem partikül hem de çözünmeyen formlarda ki ağır metal iyonlarını biyoakümülasyon kabiliyetine sahiptir. İyon tutma kabiliyetine sahip olan bu tür bakteri hücrelerinde en temel bileşen, eksopolisakkarittir (EPS). Eksopolisakaritler, temel olarak, daha küçük protein ve üronik asit oranları ile birlikte, polisakarit gibi kompleks yüksek moleküler ağırlıklı organik makromoleküllerden oluşur (Gupta ve Diwan, 2016). Eksopolisakarit, bakterileri, ağır metal toksisitesi, kuraklık, tuzluluk vb. gibi çevresel streslere karşı korur. *Agrobacterium* spp., *Alcaligenes faecalis*, *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* spp., *Zygomonas mobilis*, Leuconostoc, *Pseudomonas* spp. ve *Acetobacter xylinum* EPS üreten mikroorganizmalar olarak belrilenen bakteriler arasındadır (Donot vd., 2012). Eksoopolisakarit üretimi, metal iyonlarının biyosorpsiyonunda ve biyo-mineralleşmesinde gerekli olan biyofilm oluşumu ile yakından ilgili rapor edilmiştir. Biyofilm bir bakteri türü veya bakteri konsorsiyumunun oluşturduğu DNA, proteinler ve polisakkaritlerden oluşan polimerik karmaşık yapıda maddelerdir.

Tablo 1. Ağır metal remediasyonunda kullanılan bazı mikroorganizmalar

Mikroorganizma streyni	**Ağır metal**
Bacillus cereus strain XMCr-6	Cr (VI)
Kocuria flava	Cu
Bacillus cereus	Cr (VI)
Sporosarcina ginsengisoli	As (III)
Pseudomonas veronii	Cd, Zn, Cu
Pseudomonas putida	Cr (VI)
Enterobacter cloacae B2-DHA	Cr (VI)
Bacillus subtilis	Cr (VI)

*Tablo Ojuederie ve Babalola (2017)'den adapte edilmiştir.

3. ABİYOTİK STRESLERE KARŞI BİTKİ BÜYÜMESNİ TEŞVİK EDEN RİZOBAKTERİLER

Sürdürülebilir gıda güvenliği ve gıda üretimi için PGPR'lerin etki mekanizmalarını anlamak kritik bir öneme sahiptir. PGPR'ler doğrudan veya dolaylı mekanizmalarla bitki büyümesini ve gelişimini arttırdıkları konakçı bitkinin rizosferinde yaşarlar. Doğrudan mekanizmalar arasında, bitki büyüme hormonu üretimi, doğadaki azot ve fosfor gibi besin elementlerini bitkinin kullanımına hazır hale getirmeleri, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat deaminaz sentezi ile stres etileni seviyelerini azaltarak bitkilerin abiyotik stres koşullarına dayanmasını sağlaması bulunmaktadır. Ayrıca bir grup rizosfer bakterisi, çevresel kirletici maddeleri doğal olarak tolere edebilme yeteneğine sahiptr. İndirek mekanizmalarından birisi ise ağır metaller ve pestisitler gibi zararlı maddelerin kalıntılarını detoksifiye etmeleridir. Bu nedenle, bitkisel üretimde organik kirleticiler ve ağır metal kalıntılarından kurtulmak için biyoremediasyon işleminde kullanılmaktadırlar. Bu özelliği taşıyan birçok PGPR türü *Erwinia, Flavobacterium, Micrococcus, Pseudomonas, Serratia, Chromobacterium, Caulobacter, Azospirillium, Azotobacter* and *Agrobacterium* cinslerine bağlıdır. PGPR'ler, abiyotik stres altında bitki büyümesini destekleyen çeşitli maddeler üretir.

Bunlar siderofor üretimi, fosfatı çözme, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat deaminaz sentezi, Indol-3-Asetik asit (IAA) üretimi olarak sıralanabilir.

3.1. Siderofor Üretimi

Rizobakteriler, sideforları ile genellikle zayıf çözünen besin maddelerini çözündürerek veya asidik organik bileşikleri salgılayarak pH'ı azaltarak bitki büyümesini arttırır (Ahemad ve Kibret, 2014). Sideroforlar, özellikle Fe sınırlayıcı koşullar altında, mikroorganizmalar tarafından oluşturulan, düşük moleküler kütleli (200-2000 Da) metal şelatlama ajanlarıdır. Demir, bitki metabolizması için gerekli temel besinlerden biridir, ancak toprakta yetersizdir (Kobayashi ve Nishizawa, 2012). Toprakta Fe sınırlı olduğunda, mikrobiyal sideroforlar Fe'yi topraktan bitkiler tarafından alınmasını arttırır (Vejan vd., 2016).

3.2. Fosforun Çözülmesi

Fosfor, bitkiler tarafından bir makro besin maddesi olarak gereklidir. Ancak Fe, alüminyum ve Ca ile doğal reaksiyona girerek çökelir ve dolayısıyla bitkiler tarafından kullanılamaz hale gelir. Bitkiler toprakta bulunan az miktarda fosforu H2PO4− (monobazik) veya HPO42− (dibazik) iyonları olarak alabilirler. Fosforları bitkiler için kullanılabilir bir forma dönüştürebilen mikroorganizmalar fosfat çözen mikroorganizmalar olarak adlandırılır. Bitkilerin rizosferinde yaşayan ve fosfor çözen bakteriler *Azotobacter, Bacillus, Beijerinckia, Burkholderia, Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium, Microbacterium, Pseudomonas* ve *Rhizobium ve Serratia* cinsine ait bakteri türleridir (Bhattacharyya ve Jha, 2012). Bu fosfat çözen bakteriler, stres koşulları altında bitkiye fosfor sağlarlar ve biyolojik oalarak azot (N2) fiksasyonunu ve diğer iz elementlerin bitkiye alınımını artırarak bitki büyümesini desteklerler (Chandra ve Singh, 2016).

3.3. 1-Aminosiklopropan-1-Karboksilat (ACC) Deaminaz Üretimi

Pek çok PGPR, kuraklık, tuzluluk veya ağır metal taksisitesi gibi stres koşulları altında, bitkilerdeki aşırı etilen oluşumunu engelleyen 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz enzimini sentezleyerek bitkilerde büyümeyi doğrudan teşvik eder. 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminaz bitkilerdeki etilenin öncüsü olan ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylate) 'yi alfa-ketobutirat ve amonyağa indirgeyebilen ve böylece “bitki stres etileni” seviyelerini düşürebilen bir enzimdir. ACC deaminaz üreten PGPR'ler, bitkileri üzerindeki büyümeyi engelleyici bazı stres faktörlerine karşı korur ki bunlar; su baskınları, aşırı sıcaklık, organik ve

inorganik toksik maddelerin varlığı, fitopatojenler, kuraklık veya yüksek tuz konsantrasyonları olarak sıralanabilir.

3.4. İndol-3-Asetik Asit Üretimi

Farklı bitkilerin rizosferinden izole edilen mikroorganizmaların yüzde sekseni sekonder metabolit olarak oksin üretme ve salgılama kapasitesine sahiptir (Ahemad ve Kibret, 2014). İndol-3-asetik asit (IAA), özellikle bitkilerde kök gelişimini uyaran ve bitkiyi abiyotik strese karşı koruyan oksinlerdendir (Spaepen ve Vanderleyden, 2011). Spaepen ve Vanderleyden (2011) 'e göre bitki büyümesi ve gelişmesi IAA seviyeleri tarafından düzenlenir. Araştırmacılar IAA'nın primer kök uzunluğunu azalttığını, yan köklerin oluşumunu ve kök kıl oluşumunu artırdığını bildirmişlerdir. Rizobakteriler tarafından sentezlenen IAA, kök uzamasını ve yüzey alanını arttırır, toprak besinlerinin bitkiler tarafından daha kullanılabilir hale getirir (Glick, 2012; Ahemad ve Kibret, 2014).

4. SONUÇ

Bu çalışmada, tarımsal faaliyetlerin de dahil olduğu bir takım işlemler sonucunda ağır metal kirliliğinin çevre üzerindeki etkilerini azaltmak için mikroorganizmaların kullanımı ve etki mekanizmaları üzerinde durulmuştur. Mikroorganizmalar, ağır metal stresi altında hayatta kalabilmektedirler ve metalleri ortamdan uzaklaştırmalarını sağlayan doğal biyolojik mekanizmalara sahiptirler. Bu mikroplar, çökeltme, biyosorpsiyon, metallerin enzimatik dönüşümü, fito-ekstraksiyon ve fito-stabilizasyonun çok etkili olduğu kompleks teknikleri doğaları gereği kullanmaktadırlar. Harcanan enerji miktarı dikkate alındığında daha az etkin ve daha pahalı olan fiziko-kimyasal yöntemlere kıyasla ağır metallerin kontamine bölgelerden arındırılması için daha iyi bir alternatifi olarak, PGPR'lerin içinde bulunduğu bazı bakteriyel mikroorganizmalar ile biyoremediasyon umut verici ve sürdürülebilir olarak düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

AHEMAD, M., KİBRET, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. J. King Saud Univ.-Sci. 2014, 26, 1–20

AZUBUİKE, C.C., CHİKERE, C.B., OKPOKWASİLİ, G.C. (2016). Bioremediation techniques-classification based on site of application: Principles, advantages, limitations and prospects. World J. Microbiol. Biotechnol. 2016, 32, 180.

BHATTACHARYYA, P., JHA D. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. World J. Microbiol. Biotechnol. 2012, 28, 1327–1350.

BLAYLOCK M.J., SALT D.E., DUSHENKOV S., ZAKHAROVA O., GUSSMAN C., KAPULNİK Y., ENSLEY B.D., RASKİN I. (1997). Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents, Environ. Sci. Technol. 1997;31:860–865. doi: 10.1021/es960552a

CHANDRA, P., SİNGH, E. (2016). Applications and mechanisms of plant growth-stimulating rhizobacteria. InPlant-MicrobeInteraction: An Approach to Sustainable Agriculture; Choudhary, D.,Varma,A.,Tuteja,N.,Eds.; Springer: Singapore, 2016; pp. 37–62.

DONOT, F., FONTANA, A., BACCOU, J., SCHORR-GALİNDO, S. (2012). Microbial exopolysaccharides: Main examples of synthesis, excretion, genetics and extraction. Carbohydr. Polym. 2012, 87, 951–962.

FOMİNA, M., GADD, G.M. (2014). Biosorption: Current perspectives on concept, definition and application. Bioresour. Technol. 2014, 160, 3–14

GLİCK, B.R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. Scientifica 2012, 2012, 963401.

GUPTA R., MOHOHAPTRA H. (2003). Microbial biomass; An economical alternative for removal of heavy metals from waste water. Indian J Exp. Biol, 41 (2003) 945.

GUPTA, A., JOİA, J., SOOD, A., SOOD, R., SİDHU, C., KAUR, G. (2016). Microbes as potential tool for remediation of heavy metals: A review. J. Microb. Biochem. Technol. 2016, 8, 364–372.

GUPTA, P., DİWAN, B. (2016). Bacterial exopolysaccharide mediated heavy metal removal: A review on biosynthesis, mechanism and remediation strategies. Biotechnol. Rep. 2016, 13, 58–71.

IMRIZ G., ÖZDEMİR F., TOPAL İ., ERCAN B., TAŞ M.N., YAKIŞIR E., OKUR O.(2014). Bitkisel Üretimde Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteriler (PGPR)' in Rolü ve Etki Mekanizmaları. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR, 2014, 12: 2 Syf: 1-19.

KANG, C.H., KWON, Y.J., SO, J.S. (2016). Bioremediation of heavy metals by using bacterial mixtures. Ecol. Eng. 2016, 89, 64–69.

KOBAYASHİ, T., NİSHİZAWA, N.K. (2012). Iron uptake, translocation, and regulation in higher plants. Annu. Rev. Plant Biol. 2012, 63, 131–152.

OJUEDERİE O. B., BABALOLA O. O. (2017). Microbial and Plant-Assisted Bioremediation of Heavy Metal Polluted Environments: A Review,Int. J. Environ. Res. Public Health 2017, 14, 1504; doi:10.3390/ijerph14121504

RAJKUMAR, M., SANDHYA, S., PRASAD, M., FREİTAS, H. (2012). Perspectives of plant-associated microbes in heavy metal phytoremediation. Biotechnol. Adv. 2012, 30, 1562–1574

SPAEPEN, S., VANDERLEYDEN, J. (2011). Auxin and plant-microbe interactions. Cold Spring Harb. Perspect. Biol. 2011, 3, a001438.

TAK, H.I., AHMAD, F., BABALOLA, O.O. (2013). Advances in the application of plant growth-promoting rhizobacteria in phytoremediation of heavy metals. In Reviews of Environmental Contamination and Toxicology; Whitacre, D.M., Ed.; Springer: New York, NY, USA, 2013; Volume 223, pp. 33–52.

VEJAN, P., ABDULLAH, R., KHADİRAN, T., ISMAİL, S., NASRULHAQ BOYCE, A. (2016). Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability—A review. Molecules 2016, 21, 573.

HATAY İLİNDE TÜKETİCİLERİN ORGANİK ÜRÜN TERCİHLERİ VE ORGANİK ÜRÜNLERDE ARANAN ÖZELLİKLER

Dr. Öğr. Üyesi Nuran TAPKI
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

Nurcan ERTÜRKÜNER
Payas Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü

ÖZET: Bu çalışmada, Hatay ilinde yaşayan tüketicilerin sosyo ekonomik durumları ve organik ürün satın alma yerleri arasındaki ilişkiler ile tüketicilerin organik ürünlerde aradıkları özellikler araştırılmıştır. Çalışmanın ana materyalini Hatay il merkezinde oturan ve organik ürün tükettiğini belirten 384 üretici ile yüz yüze görüşmeler oluşturmuştur. Örnek büyüklüğü ana kitle oranlarına dayalı kümelendirilmemiş tesadüfi olasılık örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir. Araştırmada tanımlayıcı istatistikler, likert ölçeği, t testi ve ki-kare analizlerinden faydalanılmıştır. Anket yapılan tüketicilerin %37,0'si kadın ve %63,0'ü ise erkeklerden oluşmuştur. Tüketicilerin %69,0'u evli ve %31,0'i ise bekar durumdadır. Tüketicilerin yaş aralığı 35-44 yaş olup, üniversite mezunlarının oranı %30,7 ve memur olanların oranı ise %29,9 olarak tespit edilmiştir. Tüketicilerin %43,2'si organik ürünleri üreticilerden, %23,7'si pazarlardan, %17,2'si organik ürün mağazalarından, %15,9'u ise marketlerden satın almaktadır. Araştırma sonuçları, sadece tüketicilerin organik ürünleri satın aldıkları yerler ile cinsiyetleri arasındaki; eğitim düzeyleri ile satın alma alışkanlıkları arasındaki ve gelir seviyeleri ile satın alma alışkanlıkları arasındaki ilişkilerin istatistiki olarak önemli olduğunu ($P<0,05$), diğer tüm ilişkilerin ise önemsiz olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Hatay, organik ürün, tüketici, sosyo-ekonomi, alışkanlık

Preferences and Properties of Organic Products of Consumers in Hatay

ABSTRACT: İn this study, the relationship between the socio-economic status of consumers living in Hatay and the place of purchase of organic products and the characteristics of consumers in organic products were investigated. The main material of the study was face-to-face interviews with 384 producers who lived in Hatay and stated that they consume organic products.

Sample size was determined by non-clustered random probability sampling method based on the main population ratios. İn this study were used descriptive statistics, likert scale, t test and chi-square analysis. Of the surveyed consumers, 37.0% were women and 63.0% were men. Sixty-nine consumers were married and 31.0% were single. The ages of consumers ranged from 35 to 44 years, the rate of university graduates was 30.7% and the rate of civil servants was 29.9%. For the purchase of organic products, 43.2% of consumers buy organic products from producers, 23.7% from markets, 17.2% from organic product stores and 15.9% from big markets. The results of the research were relations between the places where consumers buy organic products and their genders; between education levels and purchasing attitudes and between income levels and purchasing attitudes were statistically significant (P<0.05), whereas all other relations were not significant.

Keywords: Hatay, organic products, consumer, socio-economic, habit

1.GİRİŞ

Organik tarım doğal dengenin korunması, hastalık ve zararlıların kontrolü, verimlilikteki sürdürülebilirlik, kaynakların etkin kullanımı anlamına gelmektedir(Ak, 2004:144). Organik ürünler ise gübreler, ilaçlar ve hormonlar kullanılmadan üretilen ürünlerdir (İnal vd., 2008).

Günümüzde Dünyada yaklaşık 130 ülkede organik üretim yapılmaktadır. Türkiye'de organik ürünlerin üretiminde özellikle 1994 yılından sonra önemli gelişmeler olmuştur (Bayram vd., 2006:203). 2018 yılı verilerine göre 213 ürün organik olarak üretilmekte ve 79.563 çiftçi organik tarım yapmaktadır. Organik ürün ekim alanı 626.885 hektar ve üretim miktarı 2.371.612 tondur (TÜİK, 2018).

Organik tarıma yönelmenin üç önemli nedeni bulunmaktadır. Bunlardan ilki toprak verimliliğindeki araştırmalar ve günlük hayattaki kullanımlardır. Diğer bir neden günümüzde uygulanan geleneksel tarım uygulamaları, üçüncüsü ise tüketicilerin daha güvenli gıdaları talep etmeleridir (Rehber, 2011:53). Gıdalarla ilgili ortaya çıkan olumsuz gelişmeler tüketicilerde ilgiyi organik gıdalara doğru yönlendirmiştir (Kallander ve Rundgren:184, 2008; Rehber, 2011:53). Organik üretim mümkün olduğunca düşük oranda tarımsal girdi kullanılarak ekolojik çeşitliliğin devamını arzulayan bir üretim şeklidir (Ustaahmetoğlu ve Toklu, 2015:197; İnci vd., 2017:137).

Gelişen teknoloji ve üretim teknikleri sayesinde günümüzde gıda maddelerinin üretimi ve çeşitliliği büyük oranda artış göstermiştir. Fakat bu çeşitlilik ve ilerle-

meyle birlikte bir çok önemli hastalık ortaya çıkmıştır. Tüketiciler yaşadıkları endişeler sonucu daha sağlıklı seçeneklere doğru yönelme ihtiyacı hissetmişlerdir (Grunert, 2002:275; Roosen 2003:77; Ustaoğlu ve Toklu ,2015:197 ;İnci vd., 2017:137).

Organik olarak üretilen ürünlerin hem sağlık yönüyle, hem de çevreye dost ürünler olması günümüzde kabul edilmektedir. Bireyler bu ürünleri daha sağlıklı olmaları nedeniyle tüketmektedir. Organik tarımın savunucuları bunu yaparken avantajlarından bahsetmektedir. Karşıtı olanlar ise avantajların yeterince ispatlanmadığını söylemektedir (Leu, 2004; Rehber, 2011:77). Ayrıca organik üretim konusunda ülkeler gelişmiş ve gelişmekte olanlar olarak faydalarına farklı yaklaşmaktadır. Gelişmiş ülkeler daha çok çevre ve biyolojik çeşitlilik konusunda faydalarını konuşurken, gelişmekte olan ülkeler kaynakların etkin kullanılması ve verimlilikteki artış yönü üzerinde durmaktadır (Stockdale vd., 2001:261; Rehber, 2011:78). Genel anlamda faydaları beslenme, çevresel fayda, biyoçeşitlilik, hayvan refahı, sosyo-ekonomi başlıkları altında toplanabilir (Rehber, 2011:78).

Organik ürünlerin talebi arttıkça organik ürünlerin pazarları giderek yaygınlaşmaktadır. Bireylerin eğitim düzeyleri, gelir düzeyleri, ne tükettiklerinin sorgulanması ve sağlıklarını kaybetmemek adına daha fazla bedel ödemeye razı olmaları gibi sebepler tüketici taleplerini arttırmaktadır. Artan talebe göre arz artışı ülkeler için kaçınılmaz olmaktadır (Varoğlu ve Turhan, 2016:189). Bu nedenle tüketici talebinin artışı ve organik ürünlere olan tüketici eğilimi, üreticilerin karar almasında ve devlet politikalarının geliştirilmesinde etkili olmaktadır. Organik gıdalar üreticileri, tüketicileri, devletleri, pazarlamacıları etkileyen çok büyük bir küresel endüstriye dönüşmektedir (Eti İçli vd., 2016:93). Günümüzde organik ürünler denince akla yaş sebze meyveler, baharatlar, sabunlar, kozmetik ürünler, tahıllar, baklagiller, kurutulmuş meyveler, zeytinyağı, içecekler gibi çok geniş bir yelpaze gelmektedir.

Bu çalışmanın amacı Hatay ili merkezinde ikamet eden ve organik ürün tüketen bireylerin sosyo-ekonomik olarak incelemelerini yapmak, sosyo-ekonomik yapıları ve organik ürün satın alma yerleri arasındaki ilişkileri belirlemek ve organik ürünlerde aradıkları özellikleri analiz etmektir.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1.Materyal

Bu çalışmanın ana materyalini Hatay il merkezinde oturan ve organik ürün tükettiğini belirten tüketiciler ile yapılan yüz yüze görüşmeler sonucunda elde edilen birincil veriler oluşturmaktadır. Veriler 2017 yılına aittir. Birincil verilerin yanı sıra

konu ile ilgili olan ve daha önceden yapılmış çalışmalara ait ikincil veriler kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Örnekleme yöntemi

Çalışmada örnek büyüklüğü "Ana kitle Oranlarına Dayalı Kümelendirilmemiş Tesadüfi Olasılık Örnekleme" yöntemi ile belirlenmiştir (Collins, 1986:49, Karakaya ve Akbay, 2014:17; Karakaya ve İnci, 2014:53;Karakaya vd., 2014:239,İnci vd., 2017:137).

$n=t^2*\lceil 1+(0.02)(b-1)\rceil*(p*q)/d^2$

n: Örnek sayısı

t: 1,96 (%95 önem derecesine karşılık gelen z tablo değeri)

p: incelenen olayın ana kitle içerisinde gerçekleşme olasılığı(%50 olarak alınmıştır)

q: (1-p) İncelenen olayın gerçekleşmeme durumu

e:Kabul edilen hata payı (Çalışmada hata payı %5 olarak alınmıştır)

Denklemde b=1 alındığında, eşitlik şu şekildedir.

$n= t^2*(p*q)/e^2$

Formule göre örnek büyüklüğü,

$n=1{,}96^2*(0{,}50*0{,}50)/0{,}05^2$

n=384

Örnek hacmi 384'tür.

2.2.2 Analiz yöntemleri

Araştırma ile tüketicilerin cinsiyet, yaş, eğitim durumları, gelir düzeyleri, meslekleri, medeni durumları gibi demografik özelliklerini belirlemek için tanımlayıcı istatistikler yapılmıştır. Tüketicilerin bazı demografik özellikleri ile organik ürün satın aldıkları yerler arasındaki ilişkiler çapraz tablolarda gösterilmiştir. Ayrıca organik ürünlerde aranan özelliklerin önem seviyesini bulmak amacıyla likert ölçeğinden yararlanılarak tutum ifadeleri değerlendirilmiştir. Tüketicilerin demografik özelliklerinden olan cinsiyet ve medeni durumları ile organik ürünlerde aranılan özelliklerin belirlenmesinde bulunan ortalama değerler arasında ilişkinin kıyaslanması için bağımsız örneklem t- testi yapılmıştır. Tüketicilerin organik ürün satın aldıkları yerler

ile bazı demografik özellikleri arasında ilişkinin olup olmadığını belirlemek amacıyla ki-kare testinden yararlanılmıştır. Verilerin analiz edilmesinde SPSS 22 paket programı kullanılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1.Tüketicilerin sosyo-ekonomik yapıları

Ankete katılan ve organik ürün tüketimi yapan tüketicilerin %63,0'ü erkek %37,0'si kadındır. Yaş gruplarına bakıldığında %29,9'u 35-44 yaş, %24,5'i 25-34 yaş, %20,6'sı 45-54 yaş tüketicilerden oluşmaktadır.

Tablo 1. Tüketicilerin Sosyo-Ekonomik Özellikleri

Özellikler	**Sayı**	**Oran (%)**	**Özellikler**	**Sayı**	**Oran (%)**
Cinsiyet			**Medeni Hal**		
Kadın	142	37,0	Evli	265	69,0
Erkek	242	63,0	Bekar	119	31,0
Toplam	384	100,0	Toplam	384	100,0
Yaş Grupları			**Gelir Grupları**		
≤24	57	14,8	≤500	54	14,1
25-34	94	24,5	501-1000	62	16,1
35-44	115	29,9	1001-2000	97	25,3
45-54	79	20,6	2001-3000	87	22,7
55-64	29	7,6	≥3001	84	21,8
65-+	10	2,6	Toplam	384	100,0
Toplam	384	100,0			
Eğitim Düzeyi			**Meslek Grupları**		
Okur-yazar değil	2	0,5	Çiftçi	48	12,5
İlköğretim	100	26,0	Öğretmen	16	4,2

Lise	101	26,4	Avukat	5	1,3
Önlisans	40	10,4	Memur	115	29,9
Üniversite	118	30,7	Yönetici	21	5,5
Lisansüstü mezunu	23	6,0	Sağlık personeli	13	3,4
Toplam	384	100,0	Ev hanımı	33	8,6
			Emekli	22	5,7
			Diğer	111	28,9
			Toplam	384	100,0

Tüketicilerin %30,7'si üniversite mezunudur. %69'u evli, %31'i ise bekardır. Üniversite mezunlarının oranı %30,7, lise mezunlarının oranı %26,4, ilköğretim mezunlarının oranı ise %26,0'dır. Lisansüstü eğitim almış tüketicilerin oranı %6'dır. Ankete katılan tüketiciler çiftçi, öğretmen, avukat, memur, yönetici, sağlık personeli, emekli ve ev hanımlarından oluşmaktadır. Tüketicilerin %25,3'ü 1001-2000 TL, %22,7'si 2.001-3.000 TL %21,8'i 3.000 TL ve üzeri gelire sahiptir.

3.2. Tüketicilerin organik ürün satın alma durumu

Hatay ilinde organik ürün tükettiğini belirten 384 tüketici ile anket çalışması yapılmıştır. Organik ürün tükettiklerini belirten tüketicilerin kullanım sıklıkları farklılık göstermektedir. Her zaman kullananların oranı %18,2, sık sık kullananların oranı %22,1, Bazen kullananların oranı %59,7'dir. Organik ürünler hakkında bilgi kaynaklarının neler olduğu konusunda tüketiciler birden fazla seçenek belirtmiştir. Tüketicilerin %48,4'ü bilgi kaynaklarının televizyon olduğunu belirtirken,%26,3'ü internet, %37,2'si eş dost tavsiyesi, %21,1'i dergi ve gazeteler, %9,4'ü ise satış elemanları olduğunu söylemişlerdir. İnci vd.,2017:137, Diyarbakır ilinde yaptıkları çalışmada, organik ürünler hakkında bilgi alırken televizyonunun oransal payını %32,4, İnternetin payını %26,9, eş dost tavsiyesini % 10,7, satış elemanının payını %8,7 olarak bulmuştur. Yapılan çalışma ile kıyaslandığında televizyon ve internet bakımından yakın sonuçlar, eş dost tavsiyesi konusunda farklı sonuçlar alınmıştır. Çam ve Karakaya, 2018:33, çalışmalarında tüketicilerin organik ürün hakkında bilgi edindikleri araçlar olarak internet, tv, eş dost tavsiyesi, dergi gazete, satış elemanını göstermişlerdir. Çalışmada likert ölçeği kullanılmış ve ortalamalar alınmıştır. Buna göre

en çok internet (%46,8;ort 2.14), ve TV (%20,3;2,39) tercih edilirken en az satış elemanı tercih edilmiştir (%8,9). Çalışmamız ile bu çalışma kısmen benzerlik, kısmen farklılık göstermektedir. Sarıkaya, 2007:110, çalışmasında en çok internetin tercih edildiğini, İnci vd, 2017:137, internetin tercih edildiğini (%47,7) tespit etmişlerdir. Seçer vd, 2010:653 bilgi edinme kaynakları olarak televizyon (%59,1), internet (%21,8), gazetenin (%10,2) oransal paylarını belirtmiş ve televizyon ve internetin oransal payını yüksek bulmuştur. Çalışma sonucu ile çalışmamız sonuçları benzemektedir.

Tablo 2. Tüketicilerin Organik Ürünler ile İlgili Bilgi Kaynakları

Bilgi Kaynakları	**Kişi sayısı**	**Oran(%)**
İnternet	187	26,3
Dergi gazete	81	21,1
Televizyon	186	48,4
Eş dost tavsiyesi	143	37,2
Satış elemanı	36	9,4
Tarım ve Orman İl. Müd.	156	40,6
Toplam	789	

Not: Bazı tüketiciler birden fazla seçenek bildirdiği için toplam 384'ü aşmaktadır

Tüketiciler en çok hangi organik ürünleri tercih edersiniz sorusuna birden çok seçenek belirterek cevap vermişlerdir. Bu tercihte en yüksek oran yaş sebze-meyve (%74,2) ve zeytinyağına aittir (%42,7). Diğer tercih edilen organik ürün grupları sırasıyla kurutulmuş meyve sebzeler (%16,9), sabunlar ve kozmetik ürünler (%15,4), tahıllar ve baklagiller (%14,3), baharatlar (%9,4) ve organik içeceklerdir (%7,3). Çam ve Karakaya, 2018:33 Siirt ilinde yaptıkları çalışmada organik ürün olarak yaş sebze ve meyve (%62,2), %16,7 oranında zeytinyağı, %12,9 oranında ise organik içecek tükettiklerini belirtmiştir. Çalışma sonuçları ile elde edilen sonuçlar kısmen benzer sonuçlar taşımaktadır. Özellikle yaş sebze ve meyvenin oransal payı yüksek bulunmaktadır.

Tüketicilerin organik ürün satın aldıkları yerler farklılık göstermektedir. Tüketiciler organik ürün alımı konusunda en çok üreticileri tercih etmektedir (%43,2), bunun yanında pazar (%23,7), market (%15,9), organik ürün mağazaları (%17,2) diğer alım yapılan yerlerdir. Seçer vd., 2010:653, yılındaki çalışmalarında en çok organik ürün satın alınan birimleri , market ve süpermarketler (%39), organik ürün satış birimleri (%20,1), üreticiler (%20,2) ve pazarlar olarak belirlemiştir (%20,7). Yapılan çalışma ile çalışmamız sonuçları arasında kısmen benzerlikler bulunmaktadır. İnci vd., 2017:137, çalışmalarında marketlerin payını %54, semt pazarlarını %24,6, doğrudan üreticiyi %10,8, özel organik ürün satan mağazalarını %5,6 olarak belirlemiştir. Çalışma sonuçları çalışmamız ile farklılık göstermektedir.

Organik ürünlerin fiyatları diğer ürünler ile kıyaslandığında değişiklik göstermektedir. Tüketicilerin büyük bir çoğunluğu (%77,6) organik ürünlerin fiyatlarının olmayanlara göre daha yüksek olduğunu, fakat organik ürünlerin daha sağlıklı (%53,7), güvenli (%38,4), besin değerinin yüksek olması (%7,9) gibi nedenlerden dolayı tercih edildiğini belirtmiştir. İnci vd., 2017:137, yaptıkları çalışmada tüketicilerin organik ürün tercihinde sağlığa zararlı olmamasına dikkat ettikleri (%31), bunun yanında besin değeri (%12) faktörüne çok fazla önem vermediklerini belirtmişlerdir. Armağan ve Özdoğan, 2005:14;Karabaş ve Gürler, 2012:129 yaptıkları çalışmalarda benzer sonuçlara ulaşmıştır.

Tablo 3. Tüketicilerin Organik Ürün Tercih Etme Durumları

Organik ürün tercihleri	**Kişi Sayısı**	**Oran (%)**
Yaş sebze meyve	285	74,2
Sabunlar ve kozmetik ürünler	59	15,4
Kurutulmuş meyve ve sebzeler	65	16,9
Baharatlar	36	9,4
Tahıllar ve baklagiller	55	14,3
Zeytinyağı	164	42,7
İçecekler	28	7,3
Toplam	692	

Not: Bazı tüketiciler birden çok seçenek bildirdiği için toplam 384'ü aşmaktadır

3.3.Tüketicilerin organik ürün satın alırken aradıkları özellikler

Tüketicilerin organik ürün satın alırken aradıkları özellikler likert ölçeğine göre değerlendirilmiştir. Tüketiciler açısından temizlik ve hijyen (4,12) tutum ifadesi çok önemli bulunmuştur. Sağlığa zararlı olmaması (3,87), fiyatının makul olup olmaması (3,55), organik ürün logosunun olması (3,71), organik ürünün tavsiye edilmesi (3,35),firma isminin güvenilir olması (3,39) tutumları önemli bulunmuş, ambalajının güzel olması (2,74) ise kısmen önemli bulunmuştur.

Tablo 4. Organik Ürün Satın Alırken Ürünlerde Aranan Özellikler

Organik üründe aranan özellikler	**Ölçek Ortalamaları**
Sağlığa zararlı olmaması	3,87
Fiyatının makul olup olmaması	3,55
Ambalajının güzel olması	2,74
Temiz ve hijyen olması	4,12
Firma isminin güvenilir olması	3,39
Organik olduğunu gösteren logoya sahip olması	3,71
Organik ürünün tavsiye edilmesi	3,35

1:Hiç Önemli değil 2.Kısmen Önemli 3. Önemli 4.Çok önemli 5.Son derece önemli

Tüketicilerin organik ürün alımında aradıkları özellikler ile ilgili tutum ifadeleri ile cinsiyetleri arasında bir ilişkinin olup olmadığı bağımsız örneklem t-testi ile analiz edilmiştir. T testi sonucuna göre p=0,566 bulunmuştur. Tüketicilerin organik ürün satın alma tutum ifadeleri cinsiyetlerine göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir. Eti İçli vd., 2016:93 çalışmalarında organik gıda satın alma tercihi ile cinsiyet arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için t-testi yapmışlardır. Anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (Anlamlılık 0,778). Elde edilen sonuç çalışma sonucu ile benzerlik göstermektedir.

Tüketicilerin organik ürün alımında aradıkları özellikler ile ilgili tutum ifadeleri ve medeni durumları arasındaki ilişki olup olmadığı bağımsız örneklem t-testi ile analiz edilmiştir. T testi sonucuna göre p=0,950 bulunmuştur. Tüketicilerin organik ürün satın alma tutum ifadeleri medeni durumlarına göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir. Eti İçli vd.,2016:93 çalışmalarında medeni durum ve organik ürün satın alma tercihi arasında anlamlı bir fark olmadığını belirlemişlerdir. Çıkan sonuç çalışma sonucu ile benzer niteliktedir.

3.4.Tüketicilerin cinsiyetlerine göre organik ürün satın alma durumu

Ankete katılan ve organik ürün kullandığını söyleyen tüketicilerin %43,2'si üreticilerden organik ürün almayı tercih ederken, %23,7'si pazardan, %17,2'si organik ürün mağazasından, %15,9'u ise marketten satın almaktadır. Erkek tüketicilerin %38,72'si üreticilerden, %24,7'si organik ürün mağazasından, %21,1'i pazardan, %15,5'i ise marketten alım yapmaktadır. Kadın tüketicilerin ise %45,9'u üreticiden, %25,2'si pazardan, %16,1'i marketlerden, %12,8'ise organik ürün mağazalarından alım yapmaktadır**.** Tüketicilerin cinsiyetleri ve satın alma alışkanlıkları arasında ilişki olup olmadığı ki-kare testi ile analiz edilmiştir. Tüketicilerin cinsiyetleri ile satın alma alışkanlıkları arasında istatistiki açıdan anlamlı bir ilişki bulunmaktadır (df:3 p:0,029<0,05).

Tablo 5. Tüketicilerin Cinsiyetlerine Göre Satın Alma Alışkanlıkları

Cinsiyet		**Pazar**	**Market**	**Üretici**	**Organik ürün mağazası**	**Toplam**
Erkek	Sayı	30	22	55	35	142
	%	21,1	15,5	38,7	24,7	100,0
Kadın	Sayı	61	39	111	31	242
	%	25,2	16,1	45,9	12,8	100,0
Toplam	Sayı	91	61	166	66	384
	%	23,7	15,9	43,2	17,2	100,0

df:3 p:0,029<0,05 anlamlı

3.5. Tüketicilerin yaşlarına göre satın alma durumu

Anket yapılan tüketicilerin yaşları ile ürün satın aldıkları yerler incelendiğinde tüm yaş gruplarında tüketiciler organik ürün alımında öncelikle üreticileri tercih etmektedir (24 yaş ve altı %36,8, 25-34 yaş % 43,6, 35-44 yaş %36,5, 45-54 yaş %50,6, 55-64 yaş %55,2, 65 ve üzeri yaş %60).Tüketici genelinde ise üreticiler %43,2, Pazar %23,7, organik ürün mağazası %17,2, market %15,9 oranında tercih edilen yerlerdir. Tüketicilerin yaşları ve satın alma alışkanlıkları arasında ilişki olup olmadığı ki-kare testi ile analiz edilmiştir. Tüketicilerin yaşları ile satın alma alışkanlıkları arasında istatistiki açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır (df:15,p:0,675 >0,05).

Tablo 6. Tüketicilerin Yaşlarına Göre Satın Alma Alışkanlıkları

Yaş		**Pazar**	**Market**	**Üretici**	**Organik ürün mağazası**	**Toplam**
24 yaş ve altı	Sayı	14	11	21	11	57
	Oran	24,6	19,3	36,8	19,3	100,0
25-34	Sayı	23	14	41	16	94
	Oran	24,5	14,9	43,6	17,0	100,0
35-44	Sayı	31	21	42	21	115
	Oran	27,0	18,3	36,5	18,3	100,0
45-54	Sayı	16	9	40	14	79
	Oran	20,3	11,4	50,6	17,7	100,0
55-64	Sayı	6	3	16	4	29
	Oran	20,7	10,3	55,2	13,8	100,0
65-+	Sayı	1	3	6	0	10
	Oran	10,0	30,0	60,0	0,0	100,0
Toplam	Sayı	91	61	166	66	384
	Oran	23,7	15,9	43,2	17,2	100,0

df:15,p:0,675 >0,05anlamsız

3.6.Tüketicilerin medeni hallerine göre satın alma durumu

Ankete katılan tüketicilerin medeni durumları ile satın alma alışkanlıkları arasındaki ilişki incelenmiştir. Evli tüketicilerin en çok organik ürün satın aldıkları yer üreticiler (%46,0), en az aldıkları yer marketlerdir, bekar tüketiciler ise en çok evli tüketiciler gibi üreticileri (%37,0) tercih etmektedir. Tüketicilerin medeni halleri ve satın alma alışkanlıkları arasında ilişki olup olmadığı ki-kare testi ile analiz edilmiş, istatistiki açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (df:3,p:0,413>0,05).

Tablo 7. Medeni Duruma Göre Satın Alma Alışkanlıkları

Cinsiyet		**Pazar**	**Market**	**Üretici**	**Organik ürün mağazası**	**Toplam**
Evli	Sayı	60	39	122	44	265
	%	22,6	14,7	46,0	16,6	100,0
Bekar	Sayı	31	22	44	22	119
	%	26,1	18,5	37,0	18,5	100,0
Toplam	Sayı	91	61	166	66	384
	%	23,7	15,9	43,2	17,2	100,0

df:3,p:0,413>0,05 anlamsız

3.7. Tüketicilerin eğitim seviyesine göre satın alma durumu

Tüketicilerin eğitim seviyeleri ile satın alma alışkanlıkları arasındaki ilişki incelendiğinde oransal olarak en çok ilköğretim mezunlarının satın almada üreticileri tercih etiği gözlenmiştir (%63,0), üniversite mezunları en çok üreticileri tercih ederken (%30,5), 2. olarak pazarı tercih etmektedir (%28), Ön lisans mezunları organik ürün alımında en çok pazarları (%40), 2. olarak ise marketleri tercih etmektedir. Tüketicilerin eğitim seviyeleri ve satın alma alışkanlıkları arasında ilişki olup olmadığı ki-kare testi ile analiz edilmiş, istatistiki açıdan anlamlı bir ilişki bulunmuştur (df:15 p:0.00<0,05).

Tablo 8. Eğitim Düzeyi ve Satın Alma Alışkanlıkları Arasındaki İlişkiler

Yaş		**Pazar**	**Market**	**Üretici**	**Organik ürün mağazası**	**Toplam**
Okuryazar değil	Sayı	1	1	0	0	2
	%	50,0	50,0	0,0	0,0	100,0
İlköğretim	Sayı	18	10	63	9	100
	%	18,0	10,0	63,0	9,0	100,0
Lise	Sayı	20	16	52	13	101
	%	19,8	15,8	51,5	12,9	100,0
Ön-lisans	Sayı	16	9	8	7	40
	%	40,0	22,5	20,0	17,5	100,0
Üniversite	Sayı	33	19	36	30	118
	%	28,0	16,1	30,5	25,4	100,0
Lisansüstü	Sayı	3	6	7	7	23
	%	13,0	26,1	30,4	30,4	100,0
Toplam	Sayı	91	61	166	66	384
	%	23,7	15,9	43,2	17,2	100,0

df:15 p:0.000<0,05 anlamlı

3.8. Tüketicilerin gelir seviyesine göre satın alma durumu

Tüketicilerin gelir seviyeleri arttıkça organik ürün alımında değişik yerleri tercih etme oranlarının arttığı gözlenmiştir. Gelir düzeyi arttıkça marketler ve organik ürün mağazaları daha çok tercih edilmektedir. Ancak tüm gelir gruplarında üreticiler öncelikli tercih olurken, bu pay 3000 TL ve üzeri gelir grubunda azalmış durumdadır. Bu gelir grubunda üreticilerin payı %28,6, organik ürün mağazalarının payı %25,0, pazarın payı %23,8, marketlerin payı ise %22,6'dır. Tüketicilerin gelir düzeyleri ve satın alma alışkanlıkları arasında ilişki olup olmadığı ki-kare testi ile analiz edilmiş-

tir. İstatistiki açıdan anlamlı bir ilişki bulunmuştur (df:15 p:0.002<0,05 anlamlı). Varoğlu ve Turhan, 2016:189 çalışmalarında tüketicilerin alış veriş yerleri ile gelirleri arasındaki ilişkiyi incelemiş, gelir düzeyi ile alış veriş yerlerinin farklılaştığı sonucunu çıkarmıştır. (p<0,0001 ve $\chi 2$:418.86).

Tablo 9. Tüketicilerin Gelir Düzeyi ve Satın Alma Alışkanlıkları Arasındaki İlişkiler

Yaş		**Pazar**	**Market**	**Üretici**	**Organik ürün mağazası**	**Toplam**
500 TL'den az	Sayı	10	8	24	12	54
	%	18,5	14,8	44,4	22,3	100,0
501-1000 TL	Sayı	9	9	39	5	62
	%	14,5	14,5	62,9	8,1	100,0
1001-2000 TL	Sayı	27	10	49	11	97
	%	27,8	10,3	50,5	11,4	100,0
2001-3000TL	Sayı	25	15	30	17	87
	%	28,7	17,2	34,5	19,5	100,0
3001-+	Sayı	20	19	24	21	84
	%	23,8	22,6	28,6	25,0	100,0
Toplam	Sayı	91	61	166	66	384
	%	23,7	15,9	43,2	17,2	100,0

df:15 p:0.002<0,05 anlamlı

4. SONUÇ

Dünya'da ve Türkiye'de son yıllarda organik ürünlere verilen önem ve organik ürün tüketimi giderek artmaktadır. Bu çalışmada Hatay ilinde yaşayan ve organik ürün tüketen bireylerin sosyo- ekonomik yapıları ile organik ürün satın alma yerleri

arasındaki ilişkileri belirlenmiş ve organik ürünlerde aradıkları özellikler analiz edilmiştir. Tüketicilerin %26,0'sı ilköğretim, %26,4'ü lise, %10,4'ü ön lisans, %30,7'si üniversite mezunudur. Ankete katılan tüketicilerin %29,9'u memur, %12,5'i çiftçi, %8,8'sı ev hanımı, %5,5'i yöneticilerden oluşmaktadır. Tüketicilerin organik ürünler hakkında bilgili olmaları onların bu ürünlere eğilimini ve tüketim çeşitliliğini arttırmaktadır. Tüketiciler en çok bu ürünlerle ilgili olarak televizyon (%48,4) ve internetten (%26,3) bilgi almakta ve eş dost tavsiyelerine uymaktadır (%37,2). Satın aldıkları organik ürünler büyük oranda yaş sebze ve meyve ağırlıklı ürünlerdir (%74). Zeytinyağı Hatay ilinde çok tüketilen bir ürün olup organik ürün olarak en çok tercih edilen ürünlerdendir (%42,7).Tüketiciler organik ürün satın alırken ürünlerde birtakım özellikler aramaktadır. Bu özelliklerin en önemlisi sağlığa zararlı olmamasıdır. Tüketiciler günümüzde besin tüketiminde sağlıklı ürün kullanımını ön planda tutmaktadır. Bu konuda bilinç düzeyi artmıştır. Bilinç düzeyinin büyük oranda artışının, gelişen teknoloji ile tüm ülkede yayılan iletişim araçlarından kaynaklandığını söyleyebiliriz. Organik ürünlerin fiyatlarının makul olup olmaması da tüketicilerin ürün satın alırken aradıkları özelliklerdendir. Organik ürünlerin fiyatları diğer ürünlere göre pahalıdır. Bu durum tüketiciyi organik ürün tüketme konusunda olumsuz etkilemektedir. Fiyatların tüketicinin alımı açısından daha uygun düzeylerde olması tüketim talebini olumlu etkileyecektir. Tüketicilerin cinsiyetleri ve medeni durumları ile organik ürün satın alırken aradıkları özellikler arasında yapılan analiz sonucu bir ilişki bulunmamıştır. Tüketiciler organik ürün satın alırken aldıkları ürünün cinsine göre değişik yerleri tercih etmektedir. Özellikle yaş sebze ve meyve, zeytinyağı gibi ürünlerde daha çok üreticiler tercih edilmektedir (%43,2), İkinci olarak pazarlar (%23,7), daha sonra organik ürün mağazaları ve marketler tercih edilmektedir. Çalışma sonuçları tüketicilerin cinsiyetleri, eğitim seviyeleri ve gelir seviyelerine göre satın alma alışkanlıkları arasında anlamlı bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak tüketimi insan sağlığı için yararlı olan ve kimyasal madde, hormon, ilaç kullanımından ari üretilen bu ürünlerin üretiminin giderek yaygınlaşması, üretici sayısının artmasının teşvik edilmesi çok önemlidir. Bu konuda tüketici talepleri göz önünde tutularak üreticilere gereken destekler izlenecek politikalarla verilmeli, üretim öncelikle coğrafi koşulların uygun olduğu bölgelerde yaygınlaştırılmalı ve tüm tüketicilerin ürünlere ulaşabileceği büyük organik satış mağazalarının kurulmasına imkan sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

AK, İ. (2004). "Apolyont Doğal Tarım ve Hayvancılık Projesi" 1. Uluslararası Organik Hayvansal Üretim ve Gıda Güvenliği Kongresi, 28 Nisan 1 Mayıs 2004, s:144.

ARMAĞAN, G ve ÖZDOĞAN, M. (2005). "Ekolojik Yumurta ve Tavuk Etinin Tüketim Eğilimleri ve Tüketici Özelliklerinin Belirlenmesi". Hayvansal Üretim Dergisi, 46 (2): 14-21.

BAYRAM, B. YOLCU, H. ve AKSAKAL, V. (2006)."Türkiye'de Organik Tarım Sorunları". Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 38 (2): 203-206.

COLLİNS, M. (1986). "Sampling,consumer market research handbook country-of-origin labeling", Journal Of Agriculture and Applied Economics ,37(1):49-63

ÇAM, O. ve KARAKAYA, E. (2018). "Siirt İl Merkezindeki Tüketicilerin Organik Ürün Tüketim Tercihleri ve Tercihlerini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi".ADÜ Ziraat Dergisi,15(2):33-41

ETİ İÇLİ, G. ANIL, N.K. ve KILIÇ, B. (2016). "Tüketicilerin Organik Gıda Satın Alma Tercihlerini Etkileyen Faktörler". Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 5 (2): 93-108.

GRUNERT, K.J. (2002). "Current Issues in the Understanding of Consumer Food Choice". Trends in Food Science and Technology, 13 (8): 275-285.

İNAL, M.E. AKIN, M. ÇİÇEK, R. ve TOKSARI, M. (2008)."Tüketicilerin Organik Gıdalara İlişkin İnançları, Demografik Özellikleri ve Bireysel Değerleri arasındaki İlişkinin İncelenmesine Yönelik Bir Araştırma". 13. Ulusal Pazarlama Kongresi, Şanlıurfa, tarih,30.10-1.11.2008

İNCİ, H. KARAKAYA ,E. ve ŞENGÜL, A.Y. (2017). "Organik Ürün Tüketimini Etkileyen Faktörler. Diyarbakır İli Örneği". KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 20 (2): 137-147.

KALLANDER, I. ve RUNDGREN, G. (2008). "Building Sustainable Organic Sectors", İFOAM, Published in Germany, p.184

KARABAŞ, S ve GÜRLER, Z.A. (2012). "Organik Ürün Tercihinde Tüketici Davranışları Üzerine Etkili Faktörlerin Logit Regresyon Analizi ile Tahminlenmesi", Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 5 (10): 129-156.

KARAKAYA, E. ve İNCİ, H. (2014). "Bingöl İli Merkez İlçesi Hane Halkının Kanatlı Eti Tüketim Tercihleri", Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28 (1): 53-64.

KARAKAYA, E. İNCİ, H. SÖĞÜT, B. ve ŞENGÜL, T. (2014). "Bingöl İl Merkezinde Yaşayan Hane Halklarının Yumurta Tüketim Durumu Üzerine Bir Araştırma". Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1 (2): 239-247.

KARAKAYA, E. ve AKBAY, C. (2014). "İstanbul ili Kentsel Alanda Tüketicilerin Açık ve Paket Süt Tüketim Alışkanlıkları". Tarım Ekonomisi Dergisi, 20 (1): 17-27.

LEU, A. (2004). "The Benefits of Organic Farming. A growing Body of Scientific Evidence, Acres". The Voice of Eco Agriculture, May 2004, Vol.34 (5).

REHBER, E. (2011). "Organik Tarım Ekonomisi Kitabı. Ekin basın yayın dağıtım, s.53, Bursa

ROOSEN, J. (2003). "Marketing of Safe Food Through Labeling". Journal of food Distribution Research, 34 (3): 77-82.

SARIKAYA, N. (2007). "Organik Ürün Tüketimini Etkileyen Faktörler ve Tutumlar Üzerine Bir Saha Çalışması". Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2 (14): 110-125.

SEÇER, A. EMEKSİZ, F. ve DAVRAN, K.M. (2010). "Tüketicilerin Organik Ürün Tüketim Kararlarında Çevreye Duyarlılığın Etkisi. Adana İli Örneği". Türkiye 9. Tarım Ekonomisi Kongresi, Şanlıurfa, s.653-660.

STOCKDALE, E.A. LAMPKIN, N.H. HOVI, M. KEATING, R. LENNARTSON, E.K.M. MACDONALD, D.W. PADEL, S. TATTERSALL, F.H. WOLFE, M.S. ve WATSON, C.A. (2001). "Can Organic Feed the World". Advances in Agronomy, 70: 261-327.

TÜİK, (2018). Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri. http://www.tüik.gov.tr. 13.09.2019.

USTAAHMETOĞLU, E. ve TOKLU, T.İ. (2015). "Organik Gıda Satın Alma Niyetinde Tutum, Sağlık Bilinci ve Gıda Güvenliğinin Etkisi Üzerine Bir Araştırma". Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11 (1): 197-211.

VAROĞLU, T. ve TURHAN, Ş. (2016). "Organik Ürünlerde Tüketici Eğilimlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Sakarya İli Örneği". Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33 (3): 189-196.

ATIK BİTKİSEL YAĞ İLE KÖMÜRÜN FLOTASYONUNDA SICAKLIĞIN ETKİSİ

Hasan HACIFAZLIOĞLU

Doç. Dr. Ayda AKIN
İstanbul Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışmada, kömürün flotasyonu için kollektör olarak Atık Bitkisel Yağ (ABY) kullanılmıştır. ABY'nin sudaki çözünürlüğü sıcaklığa bağlı olarak değiştiği için flotasyon işlemi farklı sıcaklıklarda yapılmıştır. Flotasyon deneylerindeki pülp sıcaklıkları 5, 25, 50 ve 75 ^{0}C'dir. En yüksek verim 25 ^{0}C'lik sıcaklıkta elde edilmiştir. Pülpün çok soğuk (5 ^{0}C) veya çok sıcak (75 ^{0}C) olması flotasyonda verimi düşürmüştür. ABY ile yapılan flotasyon işlemi sonucunda, Zonguldak kömürünün külü %55'den %11'e kadar düşmüştür.
Anahtar Sözcükler: Flotasyon, Atık Bitkisel Yağ, Sıcaklık

Effect of Temperature on Flotation of Coal With Waste Vegetable Oil

ABSTRACT: In this study, Waste Vegetable Oil (WVO) was used as a collector for the flotation of coal. Since the solubility of WVO in water varies depending on the temperature, flotation was performed at different temperatures. Pulp temperatures in flotation experiments are 5, 25, 50 and 75 ° C. The highest yield was obtained at a temperature of 25 ^{0}C. The pulp being too cold (5 ° C) or very hot (75 ° C) reduced the yield in flotation. As a result of flotation process with WVO, the ash of Zonguldak coal decreased from 55% to 11%.
Keywords: Flotation, Waste Vegetable Oil, Temperature

1. GİRİŞ

Flotasyon, sulu bir ortam içerisinde bir minerali yüzdürme yoluyla diğer minerallerden ayırma yöntemidir. Örneğin kömür flotasyonunda kömür çeşitli yağlarla yüzdürülürken silikat ve kil gibi gang mineralleri bastırılır ve bu yolla kömürün kül yapıcı mineralleri uzaklaştırılır. Flotasyon yöntemi ile ortalama kül içeriği %45-50

olan Zonguldak kömüründen %15'in altında kül içeren temiz kömürlerin elde edilebileceği belirtilmektedir. Kömürün yüzebilme özelliğini arttırmak ve daha güçlü kabarcık-tanecik etkileşimini oluşturmak için genellikle gazyağı, fuel oil, dizel gibi hidrokarbon kökenli polar olmayan yağlar kullanılmaktadır. Bu yağlar kömür yüzeyini bir film şeklinde kaplayarak hava kabarcığı ile tanecik arasındaki adhezyon kuvveti arttırır ve böylece daha güçlü temasların oluşması sağlanmaktadır. Bu yolla hem flotasyon hızı hem de yanabilir verim artar. Yağların kullanımı taş kömürü flotasyonunda genellikle 0.5-2 kg/t mertebelerinde iken, kömürleşme derecesi düşük olan linyit flotasyonunda 6-8 kg/t seviyelerine kadar çıkabilmektedir (Cebeci, 2002, Jia vd., 2002; Sis vd., 2003, Ceylan ve Küçük, 2004; Sis vd., 2004; Sönmez ve Cebeci, 2006; Hacıfazlıoğlu, 2006).

Kömür flotasyonunun performansını temas açısı ve tanecik ile non-polar yağ arasındaki adsorpsiyon verimi önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir. Ayrıca temas açısının büyümesi flotasyon başarısını arttırmaktadır. Bazı kömürlerin temas açıları, sıcaklığın artmasıyla birlikte 0°C' den 55°C' ye kadar yükselmiştir (Gayle and Smelley, 1960). Kömür flotasyonunda kollektör olarak kullanılan yağların kömür yüzeyine adsorplanması ne kadar kolay olursa, kömürün yüzdürülmesi de o derece kolay olur. Bu nedenle yüksek vizkoziteye sahip fuel oil'in kömür yüzeyine adsorpsiyonu zor olduğu için flotasyon başarısı da gazyağına göre daha düşüktür (Cebeci, 2002). Bu bakımdan flotasyon işleminde sıcaklığın arttırılması yağ adsorpsiyonunu arttırdığı gibi temas açısının büyümesini sağlamaktadır. Kömür sahip olduğu doğal hidrofobitesi nedeniyle sıcaklıktan çok fazla etkilenmeyeceği düşünülmektedir. Ancak, okside olmuş veya yüzmesi zor olan kömürlerde sıcaklığın etkisi göz ardı edilmeyecek kadar önemlidir. Bu bağlamda yüzme özelliği düşük olan bir İngiliz kömürü üzerinde farklı pülp sıcaklıklarının flotasyon verimine etkisi incelenmiştir ve 5 °C 'lik pülp sıcaklığında yapılmış olan flotasyonda %20 konsantre verimi sağlanmışken, 30 °C 'lik bir sıcaklıkta %80'e varan bir konsantre verimi elde edilmiştir (Bailey and Whelan, 1957). Glembotskii ve Klassen (1972) sıcaklığın artması ile flotasyonda kullanılan non-polar yağların vizkozitesi düştüğünü ve kömürle non-polar yağ arasında daha güçlü adsorpsiyonların oluştuğunu tespit etmişlerdir. Ancak Bhattacharya ve Pascoe (2005) sıcaklığın çok fazla arttırıldığı durumda (>50 °C), flotasyon koşullarının tekrar bozulmakta olduğunu ve kömürün flotasyon performansının azaldığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, Klassen (1963) yüksek sıcaklıklarda kömürün okside olduğunu ve bu durumdan dolayı flotasyon veriminde bir düşüş olduğunu düşünmüştür. Bu nedenle kömür flotasyonu için en uygun sıcaklık değerinin 20 ile 40 °C arasında olduğu belirtilmektedir. 50 °C yüksek sıcaklıklarda, su moleküllerinin hareketinin artttığı, köpük stabilitesi bozulduğu ve kabarcık-tanecik kopmalarının arttığı gözlenmiştir. Diğer taraftan non-polar yağın vizkozitesi ciddi oranda azaldığı için kömür

yüzeyinden daha kolay kopmalar gerçekleşirken, 20 °C altındaki sıcaklıklarda ise; temas açısı azaldığı ve suyun vizkozitesi arttığı için ince kabarcık oluşumunun zorlaştığı bilinmektedir. Yukarıdaki nedenlerden dolayı flotasyonda sıcaklığın etkisi, ihmal edilemeyecek kadar önemlidir (Bhattacharya vd, 2005., Bailey, vd, 1957, Gayle, vd, 1960., Glembotskii, vd, 1972., Klassen, 1963). Bu çalışmada, atık bitkisel yağ ile Zonguldak kömürünün yüzdürülmesinde sıcaklığın etkisi araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

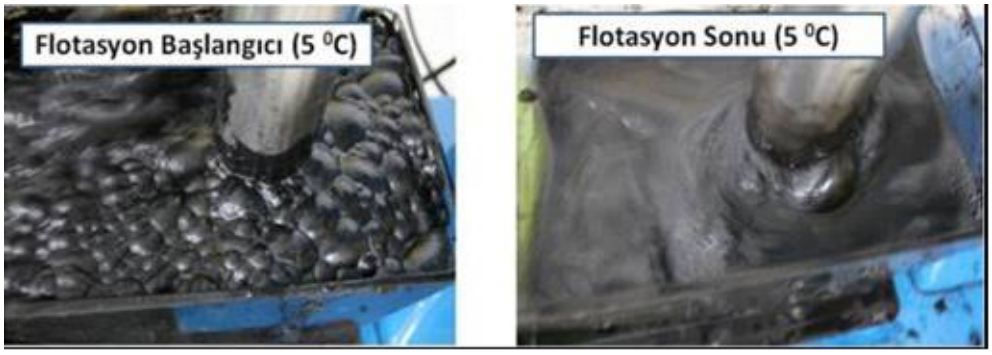
2.1. Kömür Numunesi Hakkında

Deneylerde kullanılan kömür numunesi Zonguldak'ta faaliyet gösteren bir kömür yıkama tesisinden alınmıştır. Kömürün tane boyutu -0.5 mm'dir. +0.5mm Ağır ortam cihazları ile zenginleştirilmektedir. Yapılan kısa kimyasal analiz sonucunda, -0.5 mm kömürün %55.85 kül içerdiği tespit edilmiştir. Uçucu madde oranı %15.80, Sabit karbon içeriği %28.35 ve kükürt içeriği %0.85'dir. Kömürün üst ısıl değeri, tamamen kuru bazda 3323 kcal/kg'dır. Bu kömür tesisten ortamla %20-25 nemli çıktığı için orijinal bazda alt kalorifik değeri 2000-2500 kcal/kg aralığındadır. Sonuç olarak bu kömür yüksek küllü ve düşük kalorili bir kömür olarak nitelendirilebilir. Mevcut hali ile satılamayacak bir kömürdür. Zenginleştirilmesi ve kül içeriğinin %20'lerin altına düşürülmesi gerekir.

2.2. Zenginleştirme Deneyleri Hakkında

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Maden Mühendisliği Bölümüne getirilen numune konileme dörtleme yöntemi ile azaltılmış ve eüvde nemi tamamen gidinceye kadar kurulmuştur. Daha sonra flotasyon deneylerinde kullanılmak üzere 300 gr'lık poşetler haline getirilmiştir. Flotasyon deneyleri Denver marka flotasyon selülünde, %15 katı oranında yapılmıştır. Karıştırıcının hızı 1100 dev/dk'dır. Flotasyon sonucu elde edilen temiz kömürler ve artıklar ayrı ayrı filtre kağıdından süzülmüş, etüvde kurutulmuş ve kül analizine tabi tutulmuştur.

Toplayıcı olarak et ve patates kızartma işlerinde 3 kez kullanılmış olan atık bitkisel yağ kullanılmıştır. ABY kullanılmadan önce bir bezle filtre edilmiş ve katı partikülleri uzaklaştırılmıştır. Her deney için ABY kullanım oranı 2 kg/ton'dur. Köpürtücü olarak 0.1 kg/t oranında okaliptüs yağı kullanılmıştır. Flotasyon deneyleri 30, 60 ve 240 sn köpük alma sürelerinde ve 5, 25, 50 ve 75 °C'lik pülp sıcaklıklarında yapılmıştır. Pülp sıcaklığının 5 ^{0}C olması durumda, flotasyonun başlangıcına ve bitişine ait görüntüler Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Flotasyonun Başlangıcı Ve Bitişine Ait Görüntüler

Yanabilir verim değerleri aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır. Bu eşitliklerde, M_t temiz kömürün % miktarı, K_t temiz kömürün % külü, M_b beslenen kömürün % miktarı ve K_b beslenen kömürün % kül değeridir.

$$YanabilirVerim(\%) = \frac{M_t x(100 - K_t)}{M_b x(100 - K_b)} x100$$

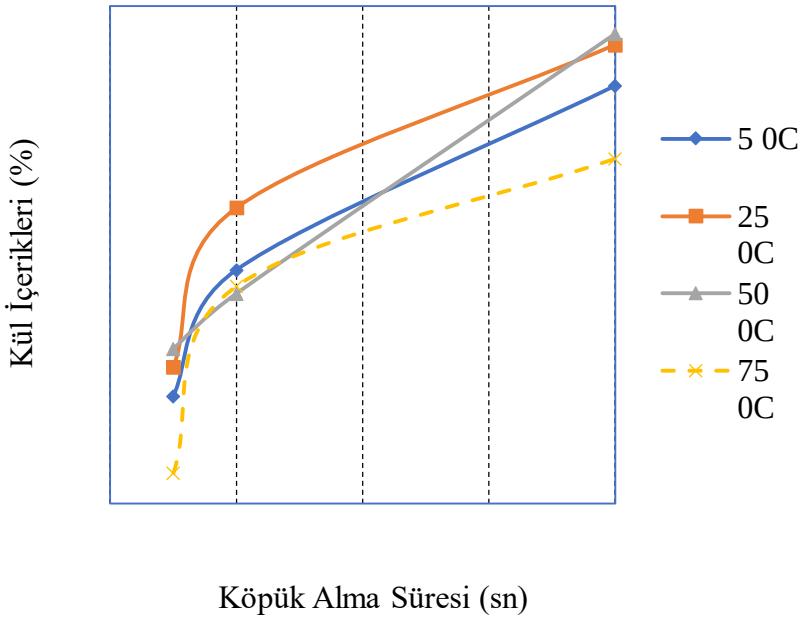
3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Farklı sıcaklıklarda yapılan deneylerin sonuçları Şekil 2, 3 ve 4'de verilmiştir. Şekil 2 incelenirse, en düşük küllü ürünlerin 75 ^{0}C'lik pülp sıcaklıklarında elde edildiği görülmektedir. Flotasyonda pülp sıcaklığının artması, düşük küllü ürünün elde edilmesini sağlamıştır. Bunun muhtemel nedeni, sıcaklığın artmasıyla atık bitkisel yağ kollektörünün kömür yüzeyine adsorpsiyonun azalması, ya da kömür-kabarcık bağının zayıflaması ve dolayısıyla ara ürünlerin köpük ürününe taşınamamış olmasıdır. Ara ürünlerin temiz kömüre taşınamaması sonucunda temiz kömür külleri düşük bulunmuştur. En yüksek küllü ürünler ise 25 ^{0}C'lik pülp sıcaklığında elde edilmiştir. Ancak bu sıcaklıkta en yüksek ağırlıkça kazanım değerine ulaşılmıştır.

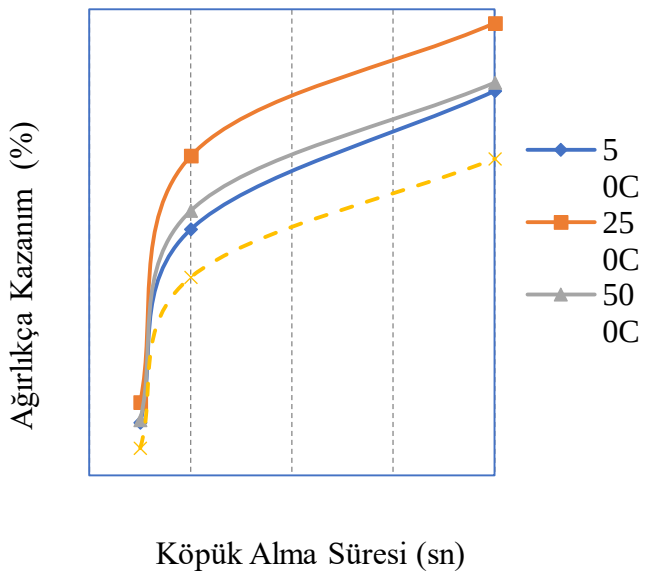
Şekil 3'deki veriler incelendiğinde, en yüksek temiz kömür ağırlıkça kazanımı 25 ^{0}C'lik pülp sıcaklığında elde edilmiştir. En düşük temiz kömür ağırlıkça kazanımı ise 5 ^{0}C'lik pülp sıcaklığında elde edilmiştir. Sıcaklık artışı, atık bitkisel yağın kabarcığa yapışma verimini düşürmüştür.

Şekil 4'deki veriler incelendiğinde, sırasıyla en yüksek yanabilir verim değerleri 25, 50, 5 ve 75 ^{0}C'lik pülp sıcaklıklarında elde edildiği görülmektedir.

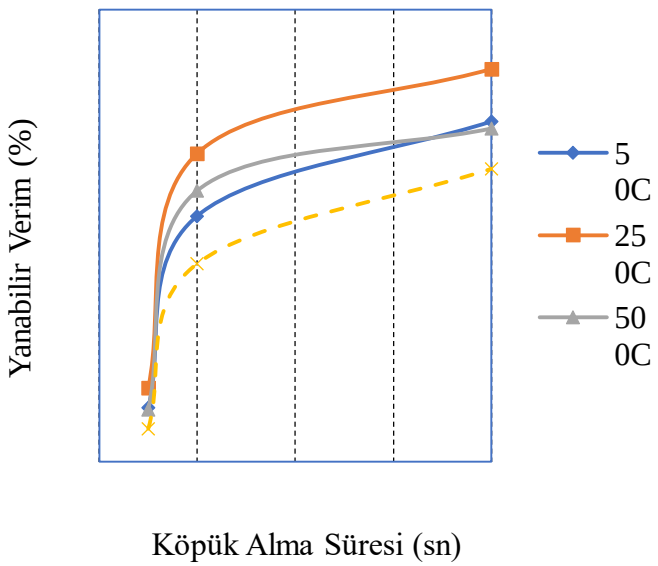
Deney sonuçlarının bir özeti olarak, farklı sıcaklıklardaki pülplerin flotasyon anı görüntüleri Şekil 5'de gösterilmiştir. Bu şekilden de görülebileceği gibi, en stabil kabarcıklar 25 ^{0}C'de elde edilmiştir. 75 ^{0}C'de elde edilen kabarcıklar büyük ve gevşektir. Bu bakımdan fazla miktarda temiz kömür yüzdürülememiştir. Verim düşük bulunmuştur. 5 ^{0}C'de kabarcıklar sıkıdır, ancak atık bitkisel yağ kömür yüzeyini soğuk nedeniyle yeterince kaplayamadığı için kömür yüzdürmede yine başarısız olmuştur.



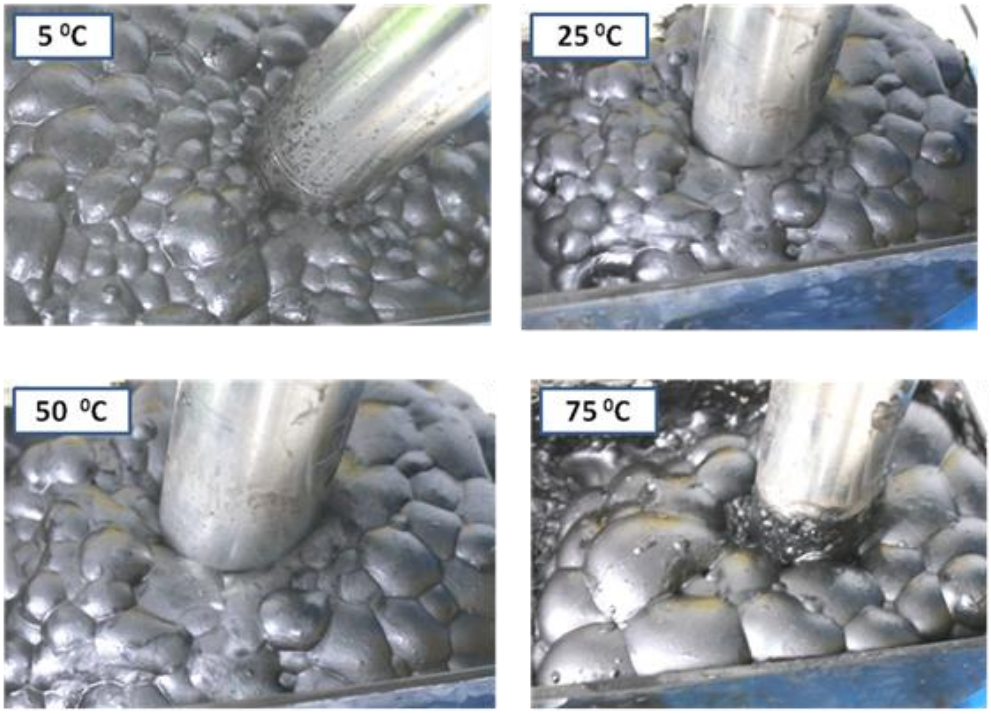
Şekil 2. Flotasyonda Pülp Sıcaklığının Ürün Külüne Etkisi



Şekil 3. Flotasyonda Pülp Sıcaklığın Ağırlıkça Kazanıma Etkisi



Şekil 4. Flotasyonda Sıcaklığın Yanabilir Verim Değerlerine Etkisi



Şekil 5. Farklı Sıcaklıklarda Yapılan Flotasyonlarda Köpük Görüntüleri

4. SONUÇLAR

Atık bitkisel yağın kollektör olarak kullanıldığı bu çalışmada, kömür flotasyonuna sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. Flotasyon işleminde pülpün soğuk (5 ^{0}C) ya da çok sıcak (75 ^{0}C) olması verimliliği düşürmüştür. Yüksek sıcaklıkta elde edilen temiz kömürlerin külleri en düşük bulunmuştur. Ancak, yüksek sıcaklıkta hem ağırlıkça kazanım hem de yanabilir verim çok düşüktür. Bu bakımdan, atık bitkisel yağ ile yapılan flotasyon işleminde en uygun pülp sıcaklığı 25 ^{0}C'dir. Bu sıcaklık değerinde ulaşılabilen yanabilir verim değeri %63'lere kadar çıkmıştır. Oysa diğer sıcaklıklarda yanabilir değeri %50'ler civarındadır.

Sonuç olarak, atık bitkisel yağın kullanıldığı kömür flotasyonu çalışmalarında pülp sıcaklığı önemli bir işletim parametresidir. Özellikle, kış aylarında yapılacak olan flotasyon işlemlerinde ağırlıkça verimin %10-15 civarında düşeceği tahmin edilmektedir.

KAYNAKLAR

BHATTACHARYA, S. AND PASCOE, R.D., (2005). "Effect of Temperature on Coal Flotation Performance - A Review". Mineral Processing & Extractive Metall. Rev. 26: 3161.

BAKTARHAN Y., BAKTARHAN A., HACIFAZLIOĞLU H. "Şlam Kömürün Flotasyon ile Kazanımında Sıcaklığın Etkisi". Türkiye 25. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, Antalya, Türkiye, 11-14 Nisan 2017, pp.682-686.

BAILEY, R., and WHELAN, P. F. (1957). "Influence of pulp temperature on the froth flotation of four british fine coals". J. Inst. Fuel, 25, pp. 304_307.

CEBECİ, Y. (2002). "The investigation of the floatability improvement of Yozgat Ayrıdam lignite using various collectors" Fuel. 81 281-289.

GAYLE J. B. AND SMELLEY, A. G. (1960). "Effects of Temperature Variation on Contact Angles for Coal and Related Substances", U.S. Bureau of Mines, (*), Pittsburgh, (RI 5585).

GLEMBOTSKII, V. A., KLASSEN, V. I., AND PLAKSIN, I.N. (1972) "Flotation" New York, Primary Sources.

KLASSEN, V. I. (1963). Coal Flotation, Moscow, Gosgortiekhizdat, and Katowice, Russia, Slask (in Russian and Polish).

HACIFAZLIOĞLU, H., (2006). "Jameson flotasyon hücresi ile Zonguldak kömür şlamının zenginleştirilmesi" ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak, s.86.

JIA, R., HARIS, G.H. VE FUERSTENAU, D.W. (2002) "Chemical reagents for enhanced coal flotation". Coal Preparation, 22, 123-149.

SİS, H., ÖZBAYOĞLU, G. VE SARIKAYA, M. (2004). "Comparison of non-ionic and ionic collectors in the flotation of coal fines" Minerals Engineering, 16, 399-401.

SÖNMEZ, İ. VE CEBECİ, Y., (2006). "Performance of classic oils and lubricating oils in froth flotation of Ukraine coal" Fuel, 85, 1866-1870.

MİKRODALGA İLE TEMİZ İÇME SUYU ALANLARINA YAKIN BÖLGELERDE RADYOAKTİF VE ENDÜSTRİYEL TEHLİKELİ ATIKLARIN ASFALT TOPAKLANMASI VE GEO-BARİYER İLE KAPLANMASI

Assist. Prof. Dr. Yıldırım İ. TOSUN
Şırnak Üniversitesi

ÖZET: Bu araştırmada, Şırnak kömür madenciliği ocağında atık çamurlar mikro elyaf ve ko- polimer PP içeren farklı kompozit karışımları olarak asfalt topaklama bariyer üretimi incelenerek, 60-70 m yüksekliğin üzerindeki ve 60o üzerindeki açıda zemin stabilitesi araştırılacaktır. Zemin kaplaması çimentolu kompozit toprak kuvvetleri, ağırlıkça çeşitli oranlarda polimer ilave edilerek incelenmiştir. % 0.2-0.8 Poli akril amid ve polipropilen PP mikro akrilik elyaf, 5 dakika boyunca 560 rpm hızında, bir karıştırıcıda 1000 g de iyonize su ile 5 dakika boyunca 560 rpm hızında 42M sınıfı HSR çimentosu ile karıştırıldı; Bir su-çimentoda, l başına 1.97 g / cm3 3 g / t yoğunlukta bir çimento bulamacı ve kompozit asfalt blokları elde edilmiştir. Kompozit asfalt blok malzemelerin jeoteknik özellikleri belirlenmiştir. Taş blokların kuvvetleri, sıkıştırma kuvvetinde 37MPa bükülme mukavemetinde (gerilme) 17.2-18.4 MPa'ya dağıldı. Blok agregaların modulus darbe paramparça direnç değerleri de kritikti. Böylece, ideal paketleme ile, bu blok agregalardan ve cüruf karışımlarından üretilen karışık blokların mukavemeti, sıkıştırma kuvvetinde 39 MPa'da bükülme mukavemetinde 19.2 MPa'ya ulaşabilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çimentolama, Güçlendirme, Taş Bloklar, Mikrofiber, Ko polimer, Uçucu kül, Şev Stabilitesi, Kömür Madenciliği

Microwave Asphalt Peletting of Radioactive and Industrial Hazardous Wastes Near Clean Drinking Water Areas and Storage by Covering With Geo-Barrier

ABSTRACT: In this research, the slope stability over 60-70 m height at angle over 60º will be investigated in order to provide an overview of asphalting work and strengthening by cementing different composite mixtures including micro fibers and asphalt mixing copolymer PP in Şırnak coal mining pit. cemented composite soil strengths were investigated by adding polymer in various proportions by weight. 0.2-0.8% Poly acryl amide and polypropylene PP micro acrylic fiber were mixed with a composite slurry of 150 gr/l, 42M

class HSR cement at a rate of 560 rpm for 5 min with 1000 g of de ionized water in a blender, resulting in a water-cement a cement slurry with a density of 1.97 g⁄cm^3 3g/t per l and composite polymer asphalt blocks were obtained. Geotechnical properties of composite block materials were determined. The strengths of the stone blocks were dispersed to 17.2 -18.4 MPa in (tensile) bending strength 37MPa in compression strength. The modulus impact shatter resistance values of the block aggregates were also critical. Thus, with the ideal packing, the strength of the mixed blocks produced from these block aggregates and slag mixtures can also reach 19.2 MPa in bending strength in 39 MPa in compression strength.

Keywords: Cementing, Strengthening, Stone Blocks, Microfiber, Co polymer, Fly ash, Slope Stability, Coal Mining

1. INTRODUCTION

Many studies have investigated the numerous advantages of adding pyrolysis oil to activated combustion systems (Kegl 2011). The presence of carbon dioxide in conventional systems improves soot settling, improves soot thickness, increases soot removal, improves removal of soot, reduces the impact of organic shock loadings, increases black carbon and oxygen concentration at the surface of soot carbon, increases removal, suppresses, improves, and reduces bulking(Neeft et al. 1997).

1.1. Factors Affecting Softening and Pyrolysis with Carbon

Effective carbonization processes depend on numerous factors including coal rank in carbonization, the volatile gaseous matter of coal such as presence of hydrogen, carbonyl gas and carbonization rate(Mendiara 2007) so stabilizing the desorption, the settings of optimal diffusion conditions including structure defects (nitrogen, phosphorus, sulfur, etc.), temperature, oxygen content of coal, etc. and optimization of carbon dioxide concentration ratios (Amal 2011, Amal 2010) added the adsorption–desorption balance, the residence time and the spatial distribution of molecules in coal pores among other factors determining the efficiency of carbonization. Guerrero et al. (2008) also included the carbon reactivity, the adsorption characteristics as factors affecting the rate and extent of carbonization much dependent on the site activation, its gas desorption properties and its porosity (Bell etal 2011). Carbonization is a prerequisite step for oil generation and soot formation from tyre waste, biomass wastes and coal.

1.1.1. Coal particle size

A major reason is that the retention time in fixed film processes is longer than in solid-gas processes. This allows more time to the carbonization for cracking to the desorbed persistent compounds. Furthermore, high rank coals allows an sufficient intimate contact between surface pores and gas atmosphere in the furnace due to more gas desorption (Kajitani etal. 2006)

1.1.2. Coal porosity

The porous structure of activated carbon is a factor that determines to a great extent both the rate and degree of carbonization (Shadle et al., 2001). Sharma et al. (2008) found that, a mesoporous coal was more efficiently carbonized than a microporous coal.

Phenol molecules that may undergo an oxidative coupling reaction may be irreversibly adsorbed on coal, which in turn may result in low carbonization efficiency. Phenoxy radicals formed by the removal of a hydrogen atom from each phenolic molecule can participate in direct coupling with other phenoxy radicals at even room temperature, coal surface serving as a catalyst.

Carbonization efficiencies exceeding the total desorption abilities during increased fast pyrolysis on coal and wood were also reported by Tosun (2013).

1.1.3. Surface properties of coal - Reactivity

(BET N_2) specific surface area, total surface activity, oxygen functional groups, total surface impurities, metal concentrations, dielectric value, free radical concentration and reactivity of coal were related to the carbonization activity. However, in some investigations, the pore size distribution of coal is also greatly to affect pyrolysis kinetics (Guerrero etal. 2005).

1.2. Pyrolysis Oil of Waste Tire, Wood and Biomass

Soot matter removal during BC treatments results from the combined effect of adsorption and degradation. The efficiency of the combined combustion–soot formation process is higher than expected for either soot formation or production alone. Black carbon (BC) provides an attachment surface for pollutants and protects them from shock loadings of toxic and inhibitory materials, whereas the black carbon. High inert gas processes using catalyst carbon as carrier for iron film attachment are

efficient soot from ethylene. However, in catalytic systems the gas attachment to surface is less efficient than in iron film or in fluidized bed reactors using CO_2 and pellets as iron film carrier (Jess etal. 2009, Schurtz etal. 2009). This is because, in the latter, then retention time of solids is generally much higher than in black carbon processes, allowing more time for gas attachment to BC. On the other hand, in suspended growth systems, the use of BC is more advantageous than Granule BC since Powder BC systems provide a uniform distribution of solids with a minimum energy requirement for grinding.

In summary, in spite of the contradictory hypotheses, based on the available literature, it appears that pyrolysis of oil can occur when the condensate is removed from the liquid phase through carbonation activity either in low or high temperature processes. Certainly, a oil concentration gradient should establish for a continuing carbonation. Pyrolysis is extremely dependent on both carbonation and cracking hydrocarbons in coal. On the other hand, cracking reactions may increase the adsorbent of carbonyls. However, available data do not allow determining if the oil generation phenomenon depends solely on a mechanism involving absorption or if it also involves pore activities. Further work is required to support either one of these hypotheses.

1.2.1. Microwave Mixing of Asphalt mixtures

Considerable carbon and asphalt mixture production on tar pyrolysis is managed as seen in Figure 1.

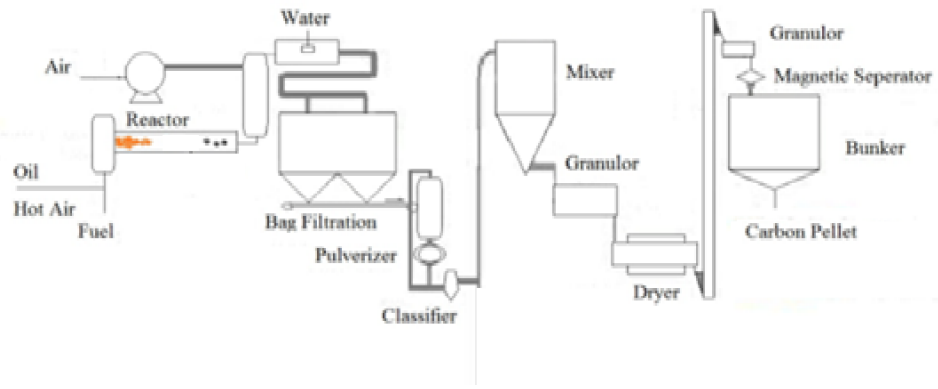


Figure 1. Use of fuel and pyrolysis oil subjected to Microwave Mixing of Asphalt mixtures production flowsheet

2. MATERIALS&METHOD

The representative samples were taken from local areas of the lignite. Fundamentally, the conditions regarding better desulfurization way, high quality lignite oil production, high value light oil, coal tar and gas products were determined at the goal of high fuel producing yield.

This study examined the high sulfur and ash types of Kütahya Gediz lignite, Soma lignite, Şırnak asphaltite and lignite by TGA analyzer as illustrated in Figure 2.

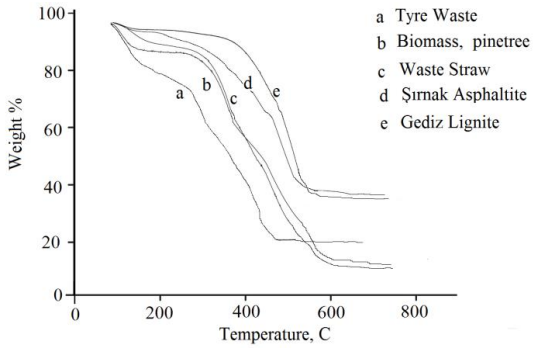


Figure 2. Coal tar and Waste Tyre oil to Microwave Mixing of Asphalt mixtures

3. RESULTS

3.1. Mixture Preparation

Proximate analysis of studied Turkish lignites and Şırnak asphaltite and coal tar are found as given in Table 1. Studied coals and biomass, tire wastes carried out on slow pyrolysis and pyrolysis tar subjected to asphalt production in retort, as shown in Figure 3.

The country needs the cleanest fuel to be produced providing the essential oils and gases. For this reason, gasification of Kütahya Gediz, Soma lignite, Şırnak asphaltite and lignite may be so feasible at the side of cost and production high amount of gaseous fuels instead of importing natural gas.

Table 1,. Proximate Analysis of Turkish Lignite and Asphaltite. (ADB:Air dried base. DB:Dried base, DAB:Dried ashless base).

Coal Type	Ash,% ADB	Moisture,% ADB	TotalS,% DB	Volatile Matter,% DAB
Şırnak Asphal-tite	6.3	0.1	5.7	52.6
Kütahya Gediz	26.0	11.7	4.6	42.7
Soma Lignite	13.8	14.0	2.2	40.4
Waste Wood	0.2	51.7	0.6	22.7
Waste Tyre	13.8	0.01	0.2	60.4

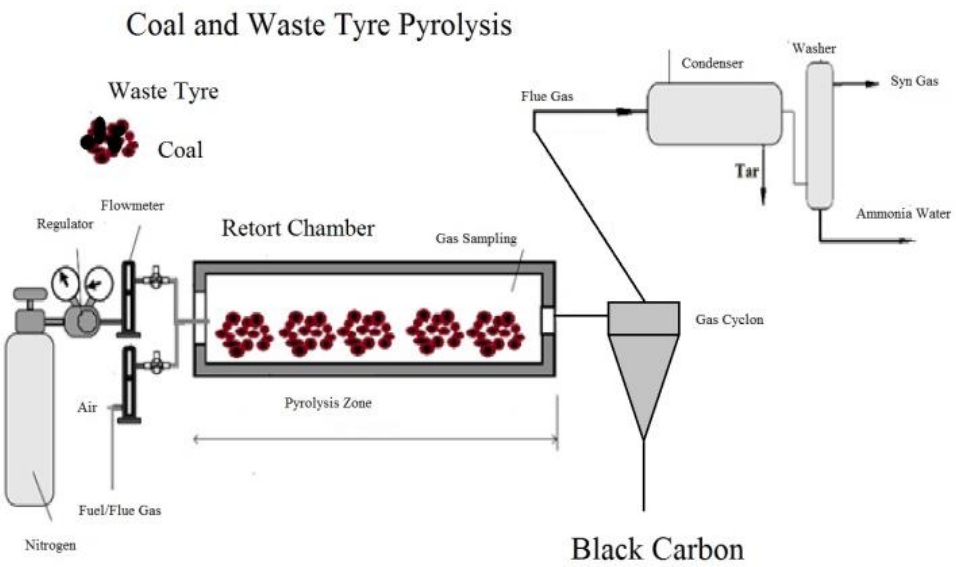


Figure 3 Pyrolysis of Coal tar to Microwave Mixing of Asphalt mixtures

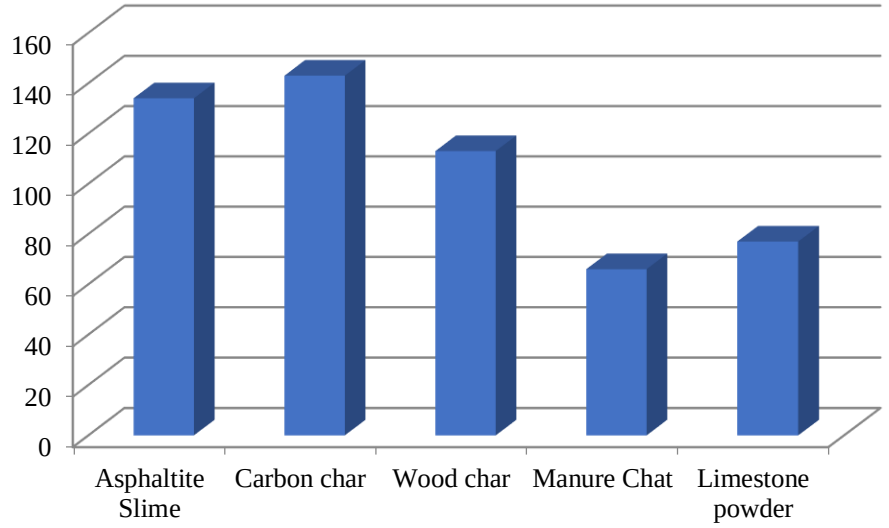


Figure 4. Asphalt Mixture Strength kg/cm2 by Microwave Mixing of Asphalt mixtures

3.2. Storage to Coal Site Geotechnical properties

American Standard (ASTM 3080) experiments were carried out in the fill area. The specimens were tested to determine the geotechnical properties based on the representative masses in the study area, where the soundings of content are given in Table 1. S2, S3 and S4 fields of investigation were made in 2013. The micro pictures of used bottom ash-slag and volcanic cinder and punice are seen from Figure 3 and grain size distributions of the material used as bottom layer in the landfill are shown in Figure 3 and 4.Figure 2. The macro and micro images of Boiler slag, volcanic slag, Tatvan Pumice.

Geobottom layers by fly ash showed sufficient impermeable geolayer and it was over 10 mg/l, impermeable zone leaks controlled by local pool. The geolayer parameters were determined as geo contents as given in Table 1.

Table 2. The chemical composition values soil stabilization materials of Sirnak province boiler bottom slag, volcanic slag and Tatvan pumice

Component%	Şırnak boiler bottom ash-slag	Volcanic slag	Tatvan pumice	Şırnak Fly Ash
SiO2	43,48	50,50	60,13	41,48
Al2O3	16,10	14,61	17,22	18,10
Fe2O3	10,52	24,30	4,59	4,52
CaO	8,48	2,30	2,48	18,48
MgO	3,80	1,28	2,17	4,20
K2O	2,51	2,51	3,51	2,71
Na2O	1,35	1,35	4,35	1,95
Ign.Loss.	10,9	0,21	4,12	1,9
SO3	0,32	0,12	0,52	0,22

3.3. Slope Stability

As well as natural ground is compressed according to the compression parameters slightly excavated again. In this case the stability of compacted soil parameters used in the analysis. Four separate samples taken from different points of the slope, cutting box test was carried out to determine the shear strength parameters. After the experiments were made c 'and ϕ' values σ were found. Stability as the slope shown in Figure 5 and rock layers and cracks shown in Figure 6 may also be evaluated in the program GEO5 programs. Partially after a designated envelope with water saturated soils breaking strength test conducted in nğn-drained conditions point the floor act as both cohesive and internal friction. Total stress analysis method, manner and will cover this criterion is to examine the stability of the rock mass is divided into a certain number of vertical slices. Bishop method is taken as the beginning of accepted slope limit equilibrium equations as if the balance is removed. Bishop serves with total stress instead of effective stress analysis. This method is further brought to the methods of Taylor and Fellenius (Görög and Török, 2006 Görög and Török, 2007, Anonymous, 2013, Anonymous, b 2009). Janbu Method can be used whether or not

circular sliding surface for all types (Vaneckov et al., 2011, Prusa, 2009). Slope stability analysis of homogeneous splitters and circular shift occurring in filling slices for stability analysis of shifts in the non-circular more general types of interslice

Soil compaction of the mining wastes was also decreased the permeability of bottom layers in the mining field.

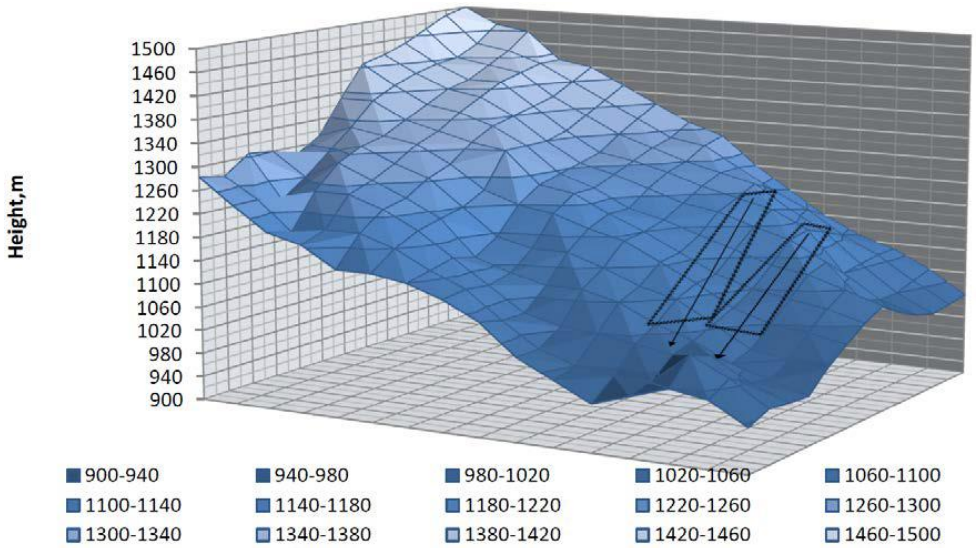


Figure 5.Drainage and stability of S2,S3 and S4 Investigation Field Possible landfill cross sections

4. CONCLUSIONS

Şırnak was investigated by urban areas close to border regions participating in the colliery waste heaps of soil samples taken from four different slopes of slope stability and geotechnical properties of the unit field studies and laboratory experiments. Of the slope stability calculations with risk maps and risk section of program GEO5 programs are discussed.

The weathering of rocks in the study area is weakening quickly change the height and tilt angle of the slopes to erosion and slope. Dissociation seen in rocks in the study area also offers a negative contribution to stability problems. The compression strength could be easily tested by indentation on the landfill as shown in Figure 8. The durability of the landfill bottom layer was tested easily on the chart of fly ash and lag mixture content as given in the Table 2.

REFERENCES

Altınlı, E. İ., 1978 "Uluslararası Stratigrafi Kılavuzu" TPAO Yerbilimleri Yayınları, Ankara, Nuray Matbaası,.

Anbalagan, R., 1992, Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain" Engineering Geology, 32:269–277,

Anonim, d 2011, Şırnak İl Özel İdare Raporları

Anonymous, 2010, Şırnak İl Özel İdare Raporu.

Anonymous, a 2013, GEO5 - Engineering Manuals - Part 1, - Part 2. http://www.finesoftware.eu/geotechnical-software/

Anonymous, b 2009, GEO5 - FEM - Theoretical Guide http://www.finesoftware.eu/geotechnical-software/ *Surname, Jordan, Stefanovski, Popovska / DECGE 2018*

Anonymous, c 2011, "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası", Afet ve Acil durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara

ASTM, 1990 "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Cosolidated Drained Condition", D3080-90,

Bishop, A.W., 1955, The use of the slip circle in the stability analysis of earth slopes, Geotechnique, Vol. 5, 7-17.

Dickinson, M., Cooper, R., McDermott, P. and Eaton, D. (2005). An analysis of construction innovation literature. *Fifth International Postgraduate Research Conference*, April 14-15, Vol. 2, pp. 589-594, Salford, UK.

Dramis, F., Sorriso-Valvo, M., 1994 "Deep-Seated gravitational slope deformations, related landslides and tectonics", Engineering Geology 38, 231- 243,

Erguvanlı, K, ve Erdoğan, Y., "Yeraltı Suları Jeolojisi", İTÜ yayınları No: 23, Maçka İstanbul, Nisan 1987

Görög P & Török Á, 2006, Stability problems of abandoned clay pits in Budapest, IAEG2006 Paper number 295 , The Geological Society of London

Görög P & Török Á, 2007 Slope stability assessment of weathered clay by using field data and computer modelling: a case study from Budapest ,Natural Hazards and Earth System Sciences, 7, 417–422, www.nat-hazards-earth-syst-sci.net

Güz, H , 1987, "Geoteknikte Gelişmeler", DSİ Yamaç ve Şevlerin Stabilitesi ve Dayanma Yapıları Semineri, Samsun

DAİRE YÜZEYLİ PLAKALARIN ÇARPAN HAVA JETİ İLE SOĞUTULMASINDA DENEYSEL VE NÜMERİK BİR ARAŞTIRMA

Müh. Dilara KOÇAK
Ege Üniversitesi

Müh. Bora YAY
CMS Jant ve Makine Sanayi A.Ş.

Doç. Dr. Utku ŞENTÜRK
Ege Üniversitesi

Prof. Dr. Aydoğan ÖZDAMAR
Ege Üniversitesi

ÖZET: Bir akışkanın bir nozul veya bir yarıktan püskürtülerek bir yüzeye çarptırılması ile oluşan çarpan jet, ısı transferini artırarak soğumayı hızlandırır. Bu çalışmada, dairesel yüzeye sahip bir plakanın çarpan hava jeti ile soğutulması, deneysel ve nümerik yöntemler ile incelenmiştir. Öncelikle nümerik çözüm yöntemi, daimi akış koşullarında, çarpan jet için bilinen ısı transferi korelasyonları ile doğrulanmıştır. Daha sonra, başlangıç sıcaklığı verilen bir dairesel plakanın soğutulması zamana bağlı olarak ele alınmıştır. Nümerik çözümden elde edilen yüzey sıcaklığı değişimleri, bu amaçla kurulan test düzeneğinden alınan sıcaklıklar ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Deney yönteminde, plakanın incelenen dairesel yüzeyi dışındaki yüzeyleri yalıtılmış ve sıcaklık değerleri, açık dairesel yüzeyden zamana bağlı olarak okunmuştur. Nümerik yöntem ve deney yöntemiyle elde edilen zamana bağlı sıcaklık, Nusselt sayıları ve taşınım ısı transfer katsayılarında benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Soğutma, Çarpan Jet, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Deneysel Yöntem

Experimental and Numerical Investigation of the Jet Impıngement Cooling of a Circular Cylinder

ABSTRACT: The impinging jet which is formed by spraying a fluid from a nozzle or a slit to a surface accelerates cooling by increasing heat transfer. In this study, the cooling of a circular cylinder by an impinging jet was

examined by experimental and numerical methods. Firstly, the numerical solution method was confirmed by the known heat transfer correlations for the impinging jet in steady flow conditions. Subsequently, the cooling of a given circular cylinder with an initial temperature is considered time-dependent. The surface temperature changes obtained from the numerical solution were compared with the temperatures taken from the test setup which is established for this purpose. In the experimental method, the surfaces of the plate except the examined circular surface were insulated and the temperature values were read from the open circular surface depending on time. Similar results were obtained in terms of time dependent temperature, Nusselt numbers and convection heat transfer coefficients obtained by numerical method and test method.

Keywords: Cooling, Impinging jet, Computational Fluid Dynamics, Experimental Method.

1. GİRİŞ

Çarpan hava jeti ile soğutma işleminde yüksek ısı taşınım katsayılarına ulaşılabildiği için, bu alanda birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların çoğu, dikdörtgen plakalar üzerinedir (Martin, 1977; Livingood ve Hrycak, 1973; Hrycak, 1981; Jambunathan vd., 1992; Viskanta, 1993; Zuckerman and Lior, 2006; Nabadavis ve Dipti, 2016). Daire yüzeyli plakaların soğutulması üzerine ise, sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birisinde, nozul ile yüzey arası mesafenin nozul çapına oranının 5-15 olması durumunda 4 000-25 000 Reynolds sayıları için ısı ve kütle transferi deneysel olarak incelenmiştir (Sparrow et al., 1984). Bir diğer çalışmada, sabit sıcaklığa sahip bir silindirin dairesel bir nozul kullanılarak çarpan hava jeti ile soğutulmasında Nusselt sayısının değişimi deneysel olarak incelenmiştir (Tawfek, 1999). Yüzeyine sabit ısı akısı uygulanan bir silindirin ısı transferinin, deney ve nümerik yöntemlerle incelendiği bir çalışma da bulunmaktadır (Singh vd., 2013).

D çapındaki dairesel bir hava jetinin yüzeye çarpması sonucunda elde edilen ortalama Nusselt sayısı

$$Nu = f(Re, Pr, A_r, \frac{H}{D}) \tag{1}$$

ile ifade edilir. Burada, A_r nozul çıkış alanının yüzey alanına oranı (veya D_2/D_1) ve H nozul ile yüzey arası mesafedir. Reynolds sayısı

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \tag{2}$$

ve ortalama Nusselt sayısı da

$$Nu = \frac{hD}{k} \tag{3}$$

olarak tanımlanır. Tek dairesel hava jeti için aşağıdaki bağıntı önerilmektedir (Bergman et al., 2011):

$$\frac{Nu}{Pr^{0,42}} = f(A_r, \frac{H}{D}) \left[2Re^{\frac{1}{2}}(1 + 0,005Re^{0,55})^{\frac{1}{2}}\right] \tag{4}$$

Burada

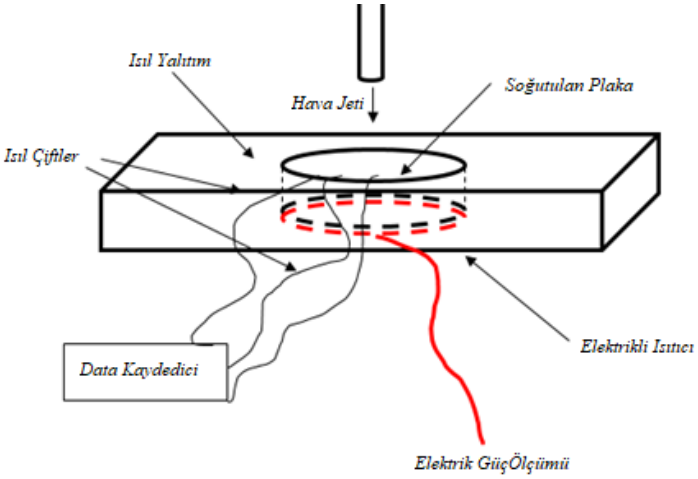
$$f\left(A_r, \frac{H}{D}\right) = 2A_r \frac{1-2,2A_r^{\frac{1}{2}}}{1+0,2\left(\frac{H}{D}-6\right)A_r^{\frac{1}{2}}} \tag{5}$$

olarak verilir. Bu bağıntı, sadece zamandan bağımsız hava jeti soğutma işlemlerinde geçerlidir. Sanayi uygulamalarının bir çoğunda ise, zamana bağlı ısı transferi söz konusudur ve bu durum için geçerli bir bağıntı bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada bir dairesel yüzeyli plakanın merkezine uygulanan hava jeti ile soğutma prosesinin zamana bağlı olarak incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Deneysel ve nümerik yöntemler kullanılarak, zamana bağlı ortalama yüzey sıcaklığı ve ortalama Nusselt sayıları belirlenmiştir.

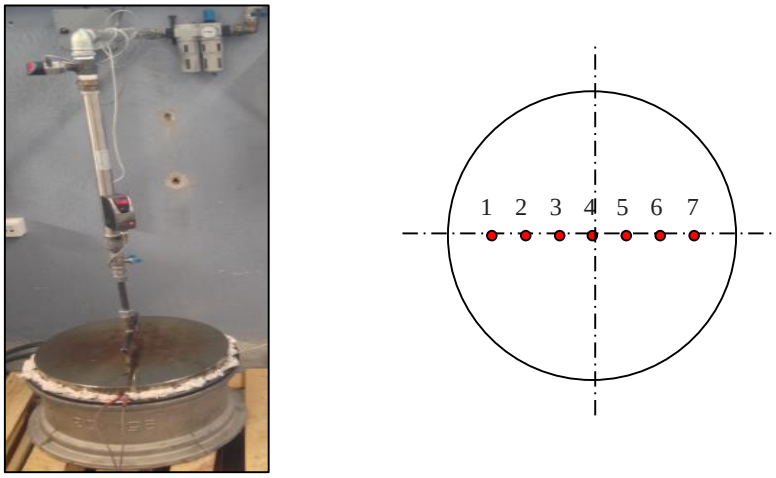
2. DENEYSEL İNCELEME

Bu çalışmada, nozuldan 200 m/s hızla akarak plakanın dairesel yüzeyine çarpan hava jeti kaynaklı ısı transferi, deney ve nümerik yöntemlerle araştırılmıştır. Plaka dairesel yüzeyi çapı 430 mm ve plaka kalınlığı 23 mm'dir. Nozul ve yüzey arası mesafe 8 mm'dir (Şekil 1 ve 2). Çarpan hava jeti hacimsel debisi 46 Nm^3/h'dır. Hava akışı, 5 barlık sabit kompresör basıncı ile sağlanmıştır. Deneydeki Reynolds sayısı 58 673'dür.

Çarpan hava jeti ile soğutulan yüzey dışında kalan yüzeyler yalıtılmış ve 7 noktada ısıl çiftlerle sıcaklık ölçümü yapılarak zamana bağlı olarak kaydedilmiştir (Şekil 3). Dairesel yüzeyli plaka, 400 ^{0}C'ye kadar ısıtılmış ve daha sonra 250 ^{0}C'ye kadar soğutularak değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 1. Deney Sisteminin Şematik Gösterimi



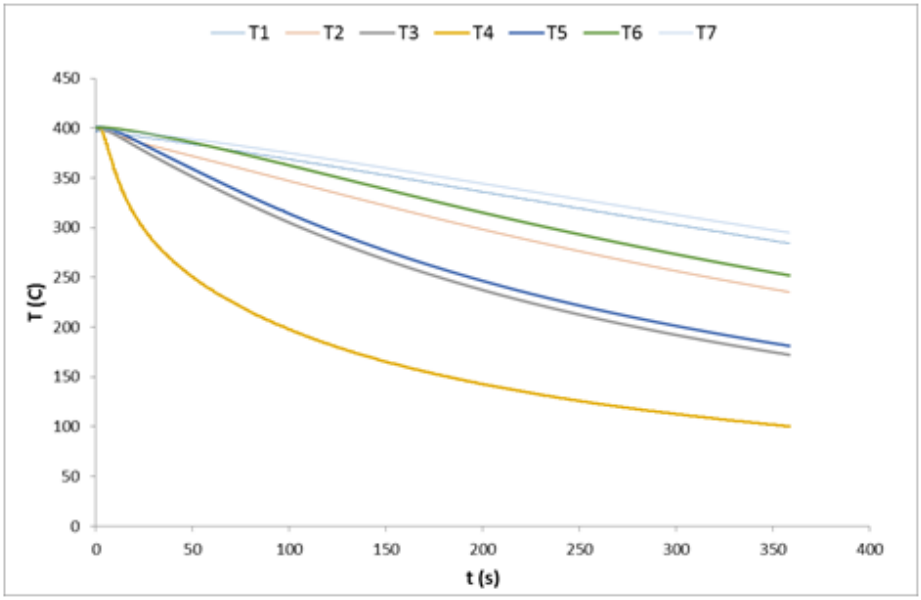
Şekil 2. (a) Deneyden Bir Görünüş (B) Plaka Üzerinde Eşit Uzaklıklı Yerleştirilmiş Isıl Çiftler. Tüm Isıl Çiftler, Soğutulan Yüzeyin 2 mm Içine Yerleştirilmiştir.

Deneyler, T_a=24°C çevre sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Nozul çapı D=4 mm ve hava jeti çıkış sıcaklığı T_j=22,40°C'dir. Malzeme olarak sıcak takım çeliği (2344 çelik, ρ=7780 kg/m^3, k=0,026 W(mK), ortalama özgül ısı c_p=460 J/(kgK), emisyon katsayısı ε=0,7, Stefan Boltzman katsayısı σ=5,67 10^{-8} W/(m^{2}K^4)) kullanılmıştır.

Isı taşınım katsayısını bulmak için cisim üzerinde enerjinin korunumu denklemi yazılarak aşağıdaki ifade elde edilmiştir:

$$m_i c_{pi} \frac{dT_i}{dt} = -h_i A_i \left(T_{si} - T_j\right) - \varepsilon \sigma A_i \left({T_{si}}^4 - {T_{ai}}^4\right) \quad (6)$$

Burada, dairesel yüzeyli plakanın kütlesi m=5,22 kg'dır ve T_j hava jeti sıcaklığı, T_{si} yüzey sıcaklığı, T_{ai} çevre sıcaklığı olarak simgelenmiştir. Yüzeydeki 7 sıcaklık değeri toplanıp 7'ye bölünerek ortalama yüzey sıcaklığı hesaplanmıştır. Bu diferansiyel denklem çözülmüş ve sonuçlar Şekil 4'de ortalama ısı taşınım katsayısı ve ortalama Nusselt sayılarının zamana bağlı değişimi olarak verilmiştir.



i

Şekil 3. Dairesel Plaka Çapı Üzerindeki Noktalardaki Sıcaklıkların Değişimi

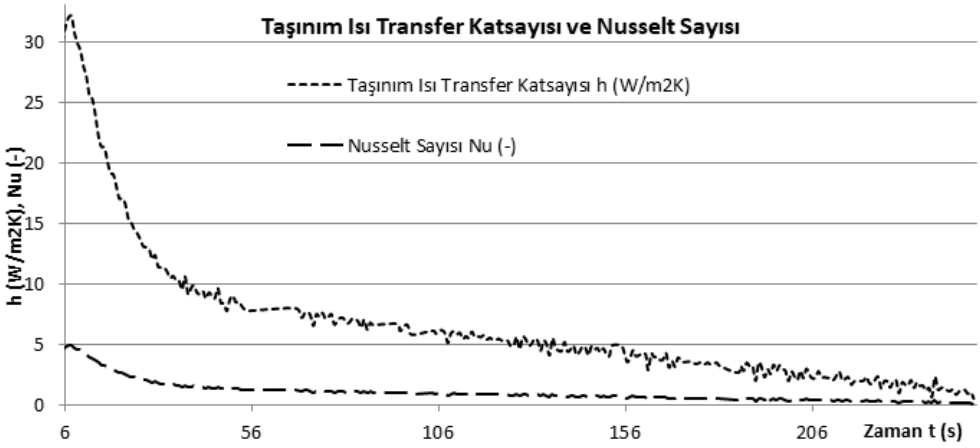
Taşınım ve ışınım ile ısı transferinin toplam ısı transferine etkisini görebilmek için, taşınım ve ışınım ile ısı transferi değerleri toplam ısı transferine bölünmüş ve sonuçlar Şekil 5'de zamana bağlı olarak verilmiştir. Taşınım ısı transfer oranı

$$F(t) = -0{,}132 \ln t + 0{,}8579 \quad (7)$$

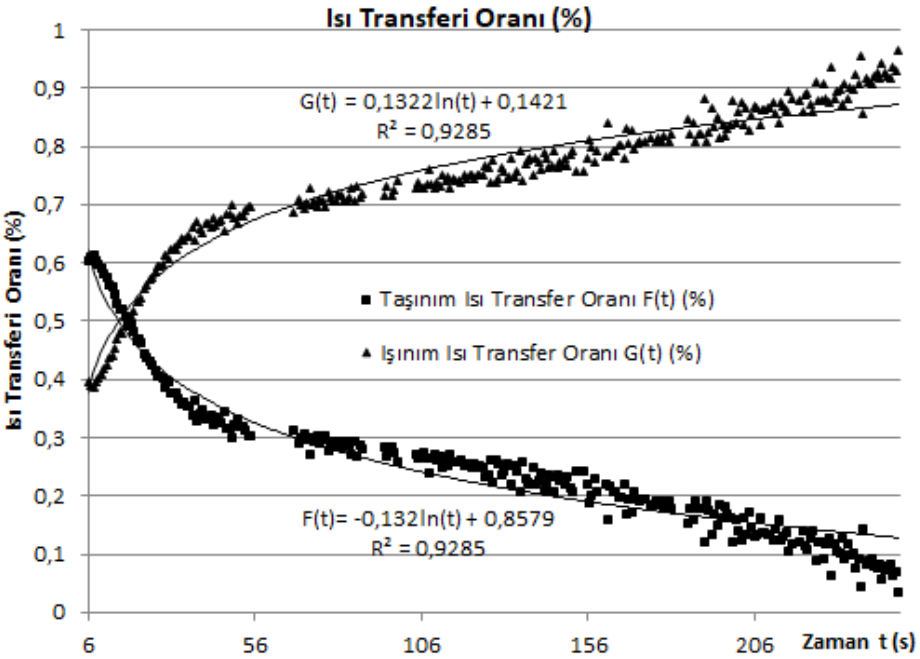
ve ışınım ısı transfer oranı

$$G(t) = -0{,}132\ 2 \ln t + 0{,}1421 \quad (8)$$

olarak bulunmuştur. Şekil 5'in incelenmesinden, başlangıçta taşınımla ısı transferinin, daha sonra ise ışınımla ısı transferinin baskın olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4. Ortalama Isı Taşınım Katsayısı ve Nusselt Sayısının Zamana Bağlı Değişimi

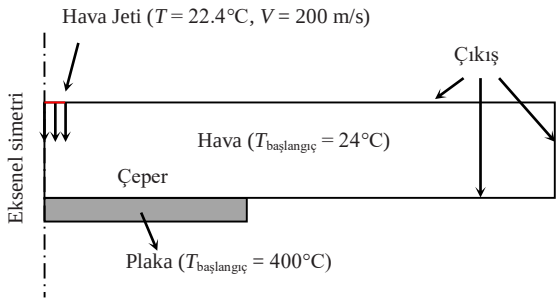


Şekil 5. Taşınım Ve Işınım İle Isı Transferlerinin Toplam Isı Transferine Oranının Zamanla Değişimi

3. NÜMERİK İNCELEME

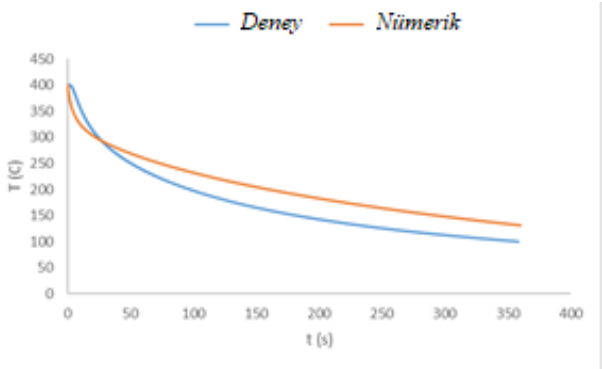
Ortalama yüzey sıcaklığı ve ortalama Nusselt sayısının zamana bağlı değişimi, verilen şartlar altında soğutma işlemini temsil ederler. Nozul-yüzey arası mesafe ve nozul çapı gibi parametrelerin soğutmaya etkisini incelerken, gerçekleştirilecek masraflı bir çok deney yerine nümerik yöntem ile belirlenen optimum değerlere sahip sistem üzerinde deney yapmak gerekir. Nümerik yöntemin deneye ne kadar yakın sonuçlar verdiğini görmek amacıyla bu çalışmada, ANSYS 14.5 paket programı ile nümerik çözümleme yapılmıştır. Nümerik yöntemde, akışın sıkıştırılamaz, türbülanslı ve kararlı akış olduğu varsayılmış ve kütlenin korunumu, momentumun korunumu ve enerjinin korunumu denklemleri k-ε türbülans modeli kullanılarak çözdürülmüştür. Eksenel simetri dikkate alınarak, problem Şekil 6'da verildiği gibi 2 boyutlu olarak modellenmiştir.

Şekil 6. Nümerik Model: Akış Alanı Ve Sınırlar



kararsız durum ele alınmıştır. Bu durumda, plakanın 400°C sıcaklıkta iken soğuması incelenmiştir. Çevre sıcaklığı 24°C alınmıştır. Hava jeti hızı 200 m/s ve hava jeti sıcaklığı 22,4°C alınmıştır. Plaka malzemesi özellikleri, deney ile aynı alınmıştır. Havanın, ideal gaz denklemine uygun davrandığı kabul edilmiştir.

Nümerik incelemede, ilk önce kararlı hal çarpan jet durumu ele alınmış ve 4 nolu denklem ile verilen ifadenin geçerliliği belirlenmiştir. Bu durumda, nozul çapına bağlı olarak Re=2 200 olmaktadır. Plaka yüzey sıcaklığı sabit olarak verilmiştir. Ağ, plaka yüzeyinde ve çarpan hava jeti girişinde daha yoğun olmak üzere 132 000 ortogonal hücreden oluşmuştur. 4 nolu denklemden Nu=21,86 elde edilirken, nümerik yöntemde %14 relatif hata ile Nu=24,94 olmuştur. Bu değerler, kararlı akım durumu için 4 nolu bağıntı ile nümerik yöntem sonuçlarının uyumlu olduğunu göstermektedir. Bu uyumluluktan hareketle,



Şekil 7. Plaka Merkezindeki Sıcaklığın Zamanla Değişimi (Şekil 6'da 4 Noktası)

Şekil 7'de, plaka merkezindeki sıcaklıkların zamanla değişiminin deney ve nümerik yöntem sonuçları verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, soğuma trendlerinin nitel açıdan uyum içinde oldukları görülmektedir. Simülasyonda soğumanın daha yavaş olmasının (ve deneyle kıyaslandığında görülen sıcaklık farkının) başlıca sebebinin uygulanan türbülans modeli olduğu düşünülmektedir. Viskoz alt tabaka ve tampon bölgedeki Reynolds ortalamalı hız profili için çeper fonksiyonları yerine doğrudan çözümün gerçekleştirildiği türbülans modeli kullanımı (örneğin k-omega SST) ile doğruluğun iyileşeceği öngörülmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, dairesel yüzeye sahip bir plakanın çarpan hava jeti ile soğutulması deney ve nümerik yöntemlerle incelenmiştir. Başlangıçta, kararlı akış şartları için literatürde verilen ortalama Nusselt sayısı bağıntısı, nümerik çözüm ile onaylanmıştır. Daha sonra kararsız durum için deney ve nümerik yöntem ile zamana bağlı olarak ortalama Nusselt sayıları ve taşınım ısı transfer katsayıları belirlenmiştir. Çarpan hava jeti ile soğutmanın başlangıcında taşınımla ısı transferinin, daha sonra ise ışınımla ısı transferinin baskın olduğu gerçeği ortaya çıkmıştır.

Nümerik yöntem ve deney yöntemiyle elde edilen zamana bağlı sıcaklık, Nusselt sayıları ve taşınım ısı transfer katsayılarında benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

HRYCAK, P. (1981). "Heat Transfer from Impinging Jets: A Literature Review", AFWAL-TR81-3054, 1981.

JAMBUNATHAN, K., LAI, E., MOSS, M. A., BUTTON, B. L. (1992). "A review of heat transfer data for single circular jet impingement", International Journal of Heat and Fluid Flow 13: 106–115.

LIVINGOOD, J. ve HRYCAK, P. (1973). N. B. "Impingement Heat Transfer from Turbulent air jets to flat plates – A Literature Survery", NASA Technical Memorandum, NASA TM X-2778, 1973.

MARTIN, H. (1977). "Heat and mass transfer between impinging gas jet and solid surfaces", Advances in Heat Transfer 13: 1–60.

NABADAVIS, A. ve DIPTI, P. M. (2016). "Numerical Investigation of Jet Impingement Heat Transfer on a Flat plate.", Carbon: Science and Technology 8: 1-12.

SING, D., PREMACHANDRAN, S. ve KOHLI, S. (2013). "Experimental and numerical investigation of jet impingement cooling of a circular cylinder", International Journal of Heat and Mass Transfer 60: 672–688.

SPARROW, E.W., ALTEMANI, C.A.C. ve CHABOKI, A. (1984). "Jet-impingement heat transfer for a circular jet impinging in crossflow on a cylinder", ASME Journal of Heat Transfer 106: 570–577.

TAWFEK, A.A. (1999). "Heat transfer due to round jet impinging normal to a circular cylinder", Heat and Mass Transfer 35: 327–333.

VISKANTA, R. (1993). "Heat transfer to impinging isothermal gas and flame jets", Experimental Thermal and Fluid Science 6: 111–134.

ZUCKERMAN, N. ve LIOR, N. (2006). "Jet impingement heat transfer physics, correlations and numerical modelin, Advances in Heat Transfer 39: 565–632.

FARKLI BİOKÜTLELER KULLANAN BİOKÜTLE DESTEKLİ JEOTERMAL ENERJİ SANTRALİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

Mustafa Alper YERLİKAYA
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

Prof Dr. Ahmet TANDIROĞLU
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

ÖZET: Enerji kavramı ve enerji kaynaklarının sürdürülebilir olması geçmişten günümüze kadar evrensel boyutta en önemli konulardan ve sorunlardan biri olmuştur. Teknolojik gelişmelerle birlikte zaman içerisinde çok farklı fosil enerji (kömür, petrol, doğalgaz vb.) kaynakları kullanılmıştır. Fosil enerji çevreye ve insanlığa vermiş olduğu zararları da göz önüne alınınca, çevre dostu olan yenilenebilir enerji kaynaklarına talep artmıştır. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de biokütledir. Küresel bir sorun olan çevre ve hava kirliliği sorunlarının çözümünde de etkisi olduğundan biokütle enerjisi önem kazanmaya başlamıştır. Bitkisel, hayvansal ve diğer atıklarda biokütle sınıfında olduğundan gelişmekte ve enerji ihtiyacı çok olan ülkelerde ve özellikle hayvansal ve atık olarak önemli bir biokütle potansiyeline sahip olan Türkiye'de de enerjide dışa bağımlılığın azaltılması için biokütleye verilen değerin artması gerekmektedir.

Bu çalışmada Türkiye'deki biokütle enerji çeşitlerine genel bir bakış yapıldıktan sonra aralarında bir kıyaslama yapılarak en verimli ve ekonomik olanı seçilmiştir. Çalışmada, biokütle destekli hibrit jeotermal enerji santralinin bir modeli incelenmiş ve belli veriler ve kabuller kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Alternatif enerji kaynağı olarak bilinen jeotermal enerjiden, daha verimli ve ekonomik biokütleler kullanılarak enerji verimi arttırılarak elektrik enerjisi üretmek amaçlanmıştır.

Anahtar sözcükler: Termodinamik Analiz, Jeotermal Enerji, Biokütle.

Thermodynamic Analysis of Hybrid Geothermal Power Plant Supported With Biomass Using Different Biomasses

ABSTRACT: The concept of energy and the sustainability of energy resources have been one of the most important issues and problems on a global scale from the past to the present. With all the technological developments, different fossil energy sources have been used over time (coal, oil, natural gas,

etc.). Furthermore, considering the damages it causes to the environment and humanity, the demand for renewable energy sources, which are environmentally friendly, increased. One of these renewable energy sources is biomass. Biomass energy has started to gain importance as it has an impact on the solution of the global environmental and air pollution problems. In developing and energy-needly countries, especially Turkey which has high potential of waste and animal, the value given to biomass should increase in order to decrease dependence on importing energy since herbal animal and other waste are in biomass class too.

After an overview of the kinds of biomass energy in Turkey in this study the most efficient and economic was chosen by comparison. Then a model of biomass supported hybrid geothermal power plant was examined and calculations were made using certain data and assumptions. It is aimed to generate electrical energy from geothermal energy known as alternative energy source by increasing energy efficiency by using more efficient and economical biomass.

Key words: Thermodynamic Analysis, Geothermal Energy, BioMass.

1.GİRİŞ

Enerji kavramının içeriği ve enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği geçmişten bugüne dek dünyanın üzerinde durduğu konu ve sorunlarından biridir. Dünya üzerinde bulunan ülkelerin tamamına yakını enerji ihtiyacını; kömür, gaz, petrol gibi fosil kökenli ve yenilenemeyen enerji

kaynaklarından tedarik etmektedir. Üretilen enerji ile tüketilen enerji arasındaki fark ise giderek açılmıştır. Bu enerji açığının artış hızını yavaşlatmak amacıyla; mevcut kaynakları daha akılcı bir şekilde kullanarak enerji tasarrufu sağlamak, mevcut üretim sahalarındaki üretimi arttırmak, ilave arama çalışmaları yaparak ve yeni sahalar keşfederek ekonomik görülen sahaları üretime açmak, alternatif ve temiz enerji kaynaklarını değerlendirmek gibi önlemler alınmalıdır "(Tamyerli, 2007)."

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının da hızla tükenmesi, insanlığı maliyeti düşük ve çevreye yok denecek kadar az zararı olan yenilenebilir enerji kaynaklarını daha iyi ve çeşitli şekillerde kullanmaya itmiştir. Bu sebepten Türkiye; kendi enerji kaynaklarını, en ekonomik ve maksimum şekilde yararlanmayı sağlayacak şekilde değerlendirmek ve sadece fosil kökenli kaynakları değil diğer alternatif enerji kaynaklarını da kullanmak zorunluluğundadır. Ayrıca dünyada bilinen petrol rezervlerinin 40, doğalgazın 61 ve kömürün ise 227 yıl ömrü olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'nin bilinen fosil yakıt rezervlerinin ömürleri ise; petrol için 14 yıl, doğalgaz için 16 yıl ve kömür için 130 yıl olarak tahmin edilmektedir. Fosil yakıt rezervlerinin

giderek azalması, artan doğa tahribatı ve çevre kirliliği, alternatif enerji kaynaklarına yönelmeyi zorunlu kılmaktadır "(TMMOB Yayın Kurulu, 2003)". Ülkemizde 100 °C'yi aşan pek çok sıcak su kaynağı bulunmaktadır. Bu da ülkemizin jeotermal enerji olanakları açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Çetin vd. , 2013). Günümüzde, jeotermal enerjinin çok fazla kullanım alanı olduğu bilinmektedir. Bu kullanım alanlarının başında elektrik üretimi gelmektedir. Ayrıca bu kaynakların doğrudan veya dolaylı olarak faydalanıldığı alanlar ısıtma, soğutma, kurutma ile termal tesisler, konservecilik, kimyasal madde üretimi, kâğıt ve tekstil sanayi ve şehir ısıtması olarak sıralanabilir. Ancak, son yıllarda değeri hızla artmaya başlayan jeotermal enerjinin daha verimli ve kullanışlı tesisler ile yapılması büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizdeki ilk jeotermal araştırmalara 1960'lı yıllarda MTA tarafından başlanmıştır. Bu kapsamda % 95' i düşük ve orta entalpiye sahip 170 adet jeotermal saha bulunmuştur. Ancak bu sahaların yalnızca 11 adedi günümüz teknolojik ve ekonomik imkânlarına uygun olarak elektrik enerjisi üretimine elverişli durumdadır. Bu sahalar Tablo 1'de rezervuar sıcaklıklarıyla gösterilmiştir. Denizli - Kızıldere sahasındaki 20,4 MWe'lik santralden sonra Aydın – Salavatlı jeotermal sahasında 7,9 MWe'lik ikinci bir santral Mart 2006 itibariyle test üretimine başlamıştır. Jeotermal enerji potansiyelinin değerlendirilmesi maksatlı, elektrik üretimine uygun sahalara kurulacak santraller sonucunda; 2010 yılı için 500 MWe, 2020 yılı için ise 1000 MWe jeotermal elektrik enerjisi üretimi hedeflenmiştir. Fakat uygulamalar bu hedeften oldukça uzaktır. Ülkemiz Avrupa'nın en zengin jeotermal kaynaklara sahip ülkesi konumunda bulunmaktadır. Buna rağmen Türkiye'de jeotermal enerjinin elektrik üretiminde kullanımı oldukça düşüktür. Ülkemizdeki kullanım oranıyla, var olan jeotermal enerji potansiyelimizin ancak % 3'üne yakın bir kısmından faydalanılmaktadır. Günümüz teknolojik imkanlar ile kuyu sıcaklıkları 80°C'nin üzerinde bulunan alanlarda dahi elektrik üretimi yapılabilmekte ve sıcaklığın düşmesi ile ekonomik açıdan sınırlanmaktadır (Köse vd., 2004 ; TJD , 2019).

Rezervuarlar akışkanlar ve kayaçlardan oluşmaktadır. Başlangıçta akışkan ve kayacın sıcaklıkları eşittir. Hacimsel olarak ancak % 3-5'i akışkandır. Geriye kalan kısmı kayaçtır. Burada üretilen enerji "ısı enerjisidir". Jeotermal saha işletmesi tabiri caizse bir ısı madenciliğidir. Oysaki jeotermal rezervuarlardaki enerjinin sadece %15'i akışkandadır. Geri kalan %85'lik enerji ise kayaçlarda depolanmaktadır. Bu durumu göz önüne bulundurulduğunda kullanılan ve neredeyse soğumuş olan suların yeniden rezervuarlara basılıp kayaçlardan ısı soğurulması tekrar üretim için en iyi yöntemdir "(Özdemir, 2011)."

Jeotermal enerji açısından düşük olarak adlandırılan sıcaklıklarda (150°C) tercih edilen ve kullanılan teknoloji Organik Rankin Çevrimidir (ORC). Su ve yüksek

basınçlı buhar kullanmak yerine alternatif olarak organik bir akışkan kullanıldığı için böyle adlandırılmaktadır. ORC teknolojisinde alternatif olarak kullanılan akışkanın özellikleri sudan daha düşük sıcaklıkta kaynaması ve yüksek moleküler ağırlıklı sıvılar olmasıdır. (Özden ve Paul,2011)

Tablo 1: Türkiye'de Elektrik Üretimine Uygun Jeotermal Sahalar (Akkus vd., 2005 ; Arslan vd., 2005).

Jeotermal saha	Rezervuar sıcaklığı (°C)
Denizli-Kızıldere	242
Aydın-Germencik	232
Manisa–Salihli-Göbekli	182
Çanakkale-Tuzla	174
Aydın-Salavatlı	171
Kütahya-Simav	162
İzmir-Seferihisar	153
Manisa-Salihli-Caferbeyli	150
Aydın-Yılmazköy	142
İzmir-Balçova	136
İzmir-Dikili	130

Ormansal Biokütle; orman ürünlerini ve atıklarını içerisinde bulunduran biokütle kaynağı olarak' da tanımlanabilir. Ormansal ürünlerin çok büyük bir bölümü odundan oluşur. Odun; dünya üzerindeki bütün ülkeler için tarih boyunca son derece önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olmuştur. Ancak, doğal ormanların kesilerek odun üretiminin artması ile, orman potansiyelimizin yok olmasına neden olacağı ve bir o kadar da ekolojik ve sosyal çok ciddi sorunlara da alt yapı hazırlayacağından; Küba gibi bazı ülkelerde odunun biokütle olarak kullanımı sınırlandırılmıştır (Suarez, Beaton, Luengo ve Felfli, 2003). Ormansal atıklar ise genel olarak; talaş, ağaç kabuğu, yonga gibi ormanın içerisinde var olan yan ürünlerdir. Bu atıklar, çoğu zaman hiçbir amaç uğruna kullanılmadan oldukları yerde bırakılarak çürümeye terk edilirler.

Tablo 2: 2015 Yılı İtibari İle Orman Genel Müdürlüğü (OGM) Verileri İle Türkiye'nin Orman Potansiyeli (Orman Genel Müdürlüğü, 2019).

Orman Potansiyeli	Kaynaklar (bin m^3)	Senelik büyüme (bin m^3)
Orman	1.566.128	47.207
Baltalık	45.646	-
Toplam	1.611.774	47.207

Ormansal biokütleden dolayı oluşan yaklaşık enerji değeri 36002.251 (Gj/yıl) olarak bilinmektedir.

Tarımsal Kökenli Biokütle;

Saplar, samanlar ve kabuklar gibi tarımsal kökenli yan ürünler, tarımsal atıklar olarak adlandırılırlar. Tarımsal atıklar; hasat yapıldıktan sonra tarlada kalan mahsül atıklarından (pamuk sapları gibi) meydana gelebileceği gibi ürün işleme sanayisinin bir yan ürünü (pirinç kabuğu gibi) şeklinde de olabilirler (Demirbaş, A. ve Demirbaş, M. 2003). Çoğunlukla, herhangi bir enerji sağlama amaçlı kullanılmadıkları koşullarda, hayvan gıdası olarak kullanılmak amacıyla yakılır, toprağa gömülür veya stoklanırlar. Fakat söz konusu atıklardan da katı yakıt üretimi de mümkün olabilmektedir. Genel olarak; enerji kaynağı olarak kullanılabilen tarımsal atıkları: pirinç kabuğu, şeker kamışı lifi (küspe), Hindistan cevizi kabuğu, palm yağı lifi, yerfıstığı kabuğu ve hububat sapı olarak sayabiliriz. " ABS Energy Research**,** 2004 " .

Tarımsal atıklar, doğada bol bulunan, ucuz ve çevreyle dost enerji kaynakları olmaları sebebiyle; en umut verici enerji kaynakları olarak nitelendirilmektedirler. Ancak, düşük yığın yoğunluklu ve heterojen yapıda olmaları sebebiyle, depolanma, taşınma ve kullanım aşamalarında bir takım sorunlara neden olmaktadırlar. Bu problemlerin önlenmesi amacıyla Briketleme teknolojisi kullanılmaktadır, "(Wilaipon, 2007).".

Tablo 3: 2018 Yılı İtibari İle Türkiye Tarıma Dayalı Enerji Verileri

Ürün		Üretim Miktarı (ton/yıl)	Atık Miktarı (ton/yıl)	Kullanılabilir Atık (ton/yıl)	Toplam Isıl Değer (Gj/yıl)	1 ton 'unun ısıl değeri (Gj/ton)
Tarla Ürünleri	Mısır	5.700.000	12.821.535	7.692.921	237.198.398	30,8
	Buğday	20.000.000	20.883.184	3.132.492	373.808.215	119,3
	Pamuk	2.570.000	2.824.738	1.624.847	49.286.970	30,3
	Arpa	7.000.000	7.534.233	1.130.244	131.850.075	116
	Ay çekirdeği	1.949.229	5.265.517	3.161.260	74.809.986	23,6
	Çavdar	320.000	453.254	67.960	7.930.951	116,7
	Yulaf	260.000	258.722	38.806	4.501.496	116
Meyveler	Fındık	515.000	2.234.881	1.787.905	33.970.195	19
	Zeytin	1.500.497	1.274.353	969.960	19.495.570	20.1
	Fıstık	240.000	125.059	9.613	182.647	19
	Kestane	63.580	69.391	47.190	935.934	19.8

Kişi başı günlük atık miktarının yaklaşık olarak 250 gr ile 500 gr arasında olduğunu varsayarak yapılan hesap sonucu Tablo 3 deki değerler elde edilir:

Tablo 4: Günlük Atık Çöp Miktarına Bağlı Olarak Atık Enerji Potansiyeli (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2019).

Kentsel Katı Atık Miktarı (ton / yıl)	30.000.000
Kentsel Organik Atıkların Enerji Değerleri (Gj/yıl)	92.820.979
1 ton 'unun ısıl değeri (Gj/ton)	0.323

Türkiye'de Yenilenebilir enerji genel müdürlüğü tarafından yayınlanan BEPA (Biokütle Enerjisi Potansiyel Atlası) verilerine göre biokütle kaynaklı elektrik üretim santral sayısı 128 tanedir. (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2019).

1.1. Atık Biokütle:

Atıklar; hayvansal atıklar, kentsel katı atıklar, biyokatılar, sanayi atıklarından meydana gelen biokütle kaynağı olarak tanımlanabilir. Tavuk, sığır ve domuz gibi çiftlik hayvanlarının dışkılarını içeren atıklar hayvansal atıklardır. Bu dışkıların gübre olarak kullanımı, koku ve su kirliliği ile çevresel kirliliğe yol açmalarına ve atık yönetimi için yeni uygulamalara ihtiyaç duyulmasına kadar devam etmiştir. Anaerobik sindirim yoluyla, bu atıklardan gaz yakıt üretimi de mümkün olabilmektedir. Benzer olarak, gaz yakıt üretiminde biyokatı atıkları da anaerobik sindirim yöntemi kullanılmak suretiyle gaz yakıt üretimi sağlanabilmektedir. Sanayi tesislerine ait atıkların yok edilmesi firmalar için ciddi bir problemdir. Sıvı atıkların anaerobik sindirim ve fermentasyon yoluyla, Katı atıkların katı yakıtların ise; sırasıyla, sıvı ve gaz yakıtların üretimlerinde kullanılması mümkündür " ABS Energy Research**,** 2004 " .

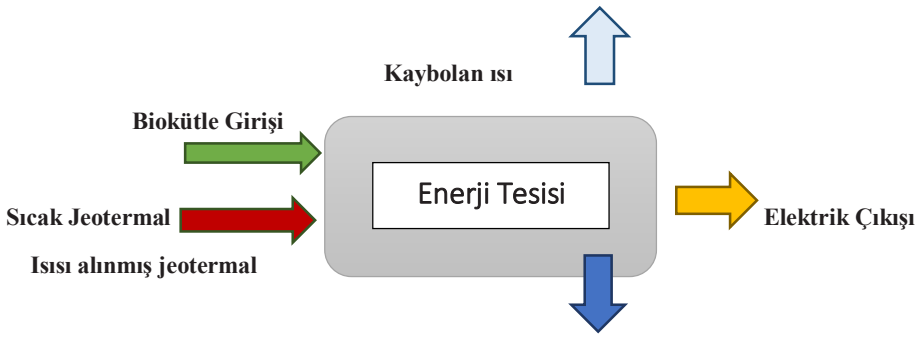
Tablo 5: 2017 TÜİK Verilerine Dayalı Türkiye Geneli Hayvansal Atık Enerji Potansiyeli (TÜİK, 2019).

	Hayvan sayısı (bin adet)	Günlük atık miktarı (kg/gün)	Katı madde Miktarı (%)	Toplam katı Madde miktarı (ton/yıl)	Kullanılabilirlik (%)	Toplam kulla-nılabi-lir katı madde miktarı	Toplam ısıl kapasi-tesi (GJ/yıl)	1 ton 'unun ısıl de-ğeri (Gj/ton)
Sığır, Manda	17.221	18	22	24.891.213	65	16.179.288	100.999.266	6,24
Kümes hayvanı (Tavuk ve Hindi)	346.674	0,08	25	2.530.716	99	2.505.408	28.436.446	11,35
Küçükbaş hayvan	46.117	2	25	8.438.282	13	1.096.977	4.980.273	4,54
At, eşek ve katır	310	20,77	21	493.525	29	143.122	649.712	4,54

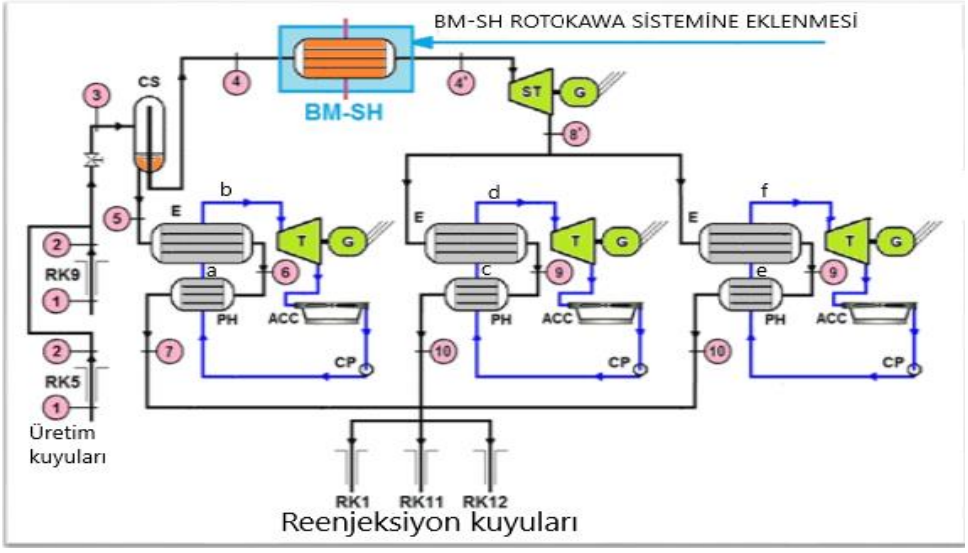
2.YÖNTEM

Hazne sıcaklığı $200°C$ ve daha fazla olan akışkandan elektrik üretimi yapılmaktadır. Fakat son dönemde yaşanan teknolojik gelişmelere paralel olarak 80ºC kadar düşük hazne sıcaklıklı jeotermal sulardan da elektrik üretimi yapılmaktadır. Alp kuşağında yer alan Yunanistan, İtalya, Tibet ile birlikte Türkiye'de jeotermal kaynaklardan elektrik üretim potansiyeline sahip bir ülkedir.

Biokütle destekli jeotermal santralin basit bir çalışma prensibi şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Genelleştirilmiş Biokütle destekli jeotermal enerji santrali şeması



Şekil 2: Rotokawa I Hibrit Jeotermal-Biokütle Enerji Santrali
"(Legmann, 1999)."

Bu sistemi anlatacak olursak Rk5 ve Rk 9 diye isimlendirilen 2 kuyudan jeotermal kaynak girmektedir. Bu kaynağın sıvı-buhar fazında olduğu bilinmektedir. Daha sonra CS ismi verilen (ayrıştırıcı) gönderilerek doymuş sıvı ve buhar olarak ayrıştırılmaktadır. Burada buhar olan kısım tekrar BM-SH (biomass-superheater) ile ısısı artırılıp daha sonra ST (buhar türbini) ye gönderilmekte ve oradan tekrar evaporatörlere aktarılmaktadır. Enerjilerinden yararlanıldıktan sonra sıvı haline dönüştürülerek Rk1, Rk11, Rk12 diye adlandırılan kuyulardan tekrar geri basılıyor ve sonuç olarak jeotermal enerji ve biokütlenin enerjisi herhangi bir alanda kullanıma uygun duruma getirilmektedir (elektrik-ısınma vb.).

Buhar türbininin gücü şöyle bulunur;

$$\dot{W}_{ST} = \dot{m}_4(h_4 - h_8)$$

Buradansa

$$\dot{m}_4 = x_3\dot{m}_1 = [(h_3 - h_5)/(h_4 - h_5)]\dot{m}_1$$

Jeotermal formunda yanmaz ise 1, 2, 3 durumlarında entalpi eşit kabul edilebilir. Bu, durum 3'teki kalitenin, yani türbine giren buhar karışımının rezervuar koşulundan ve basıncından veya sıcaklığından belirlenmesini sağlar. Eğer jeotermal oluşumda yanıp sönüyor ise 3. durumdaki kalite bundan daha yüksek olacak ve wellhead ölçümlerinden bulunması gerekecektir. Orijinal tesis için, Şekil 16'e atfen, türbin genişleme işleminin ıslak olduğu gözlemlenebilir. Türbini (h8) terk eden buharın entalpisi, türbinin tamamen kuru bir genleşme işlemi için % 85'lik bir izantropik verime sahip olacağı varsayımı üzerine Baumann kuralının yardımıyla bulunabilir. Böylece aşağıdaki denklem bulunabilir "(DiPippo, 2012a)."

$$h8 = \frac{h4 - A[1 - \frac{h9}{hg - h9}]}{1 + A(hg - h9)}$$

Bu formülden yararlanılarak aşağıdaki formülü elde edebiliriz;

$$A = 0{,}5 * TD(h_4 - h_{8s}) = 0{,}425\ (h_4 - h_{8s})$$

Türbinden çıktıktan sonra (h8') form tamamen kuru olduğu aşağıdaki formül kullanılır;

$$h_{8'} = h_4 - n_{td}(h_4 - h_{8s'})$$

Verim %85 olarak alındıktan sonra biokütlenin kütle akış hızı biokütledeki toplam enerji dengesinden elde edilebilir;

$$Q_{SH} = m_{bio}(HHV) = m_4(h_{4'} - h_4)$$

Fakat "denklem 4.6" ideal bir kızdırıcı içindir (ısı kaybı olmayan) ; diyelim ki %75 verimli bir BM-SH kullanıldığında biokütlenin yanma hızı şu şekilde bulunur;

$$\dot{m}_{bio} = \dot{m}_4(h_{4'} - h_4)/(0.75 * HHV)$$

3.BULGULAR

Yukarıda hesapladığımız veriler, ulaşım, elde edilebilirlik ve nakliye paralarınıda hesaba katarak yapılan değerlendirme sonucunda; hayvancılığın yapıldığı bölgeler için kümes hayvanlarının tercih edilebileceği çünkü verimlerinin diğer hayvansal atıklara göre yaklaşık 2 kat daha yüksek olduğu için. Tarıma Dayalı bölgeler için buğday, arpa, çavdar ve yulaf ı tercih edilmesi gerektiği verimlerinin çok daha yüksek olduğu için. Diğer ormansal ve kentsel atıkların gerekmedikçe verimlerinin düşük olduğundan dolayı kullanılmaması gerektiği görülmüştür.

Bazı belirlediğimiz kabuller altında yukarıdaki formullerdende yararlanılarak yapılan analiz sonucunda bulunan değerlerin tablo üzerinde gösterimine bakmadan önce kabullerimize bakalım.

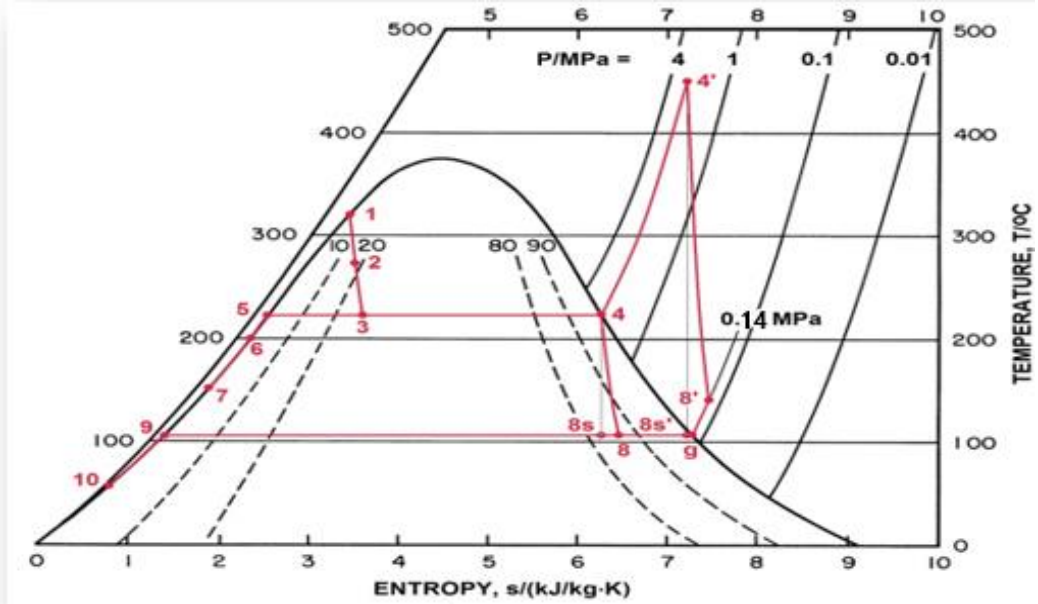
Sistemin çalışma koşulları olarak kütle akışı olan Mass Flow: 100 Kg/s, İlk kaynağın sıcaklığı T=318ºC, basıncı MPa=11, separatöre girmeden önceki sıcaklığımız $\boldsymbol{T_{CS} = 224}$, $\boldsymbol{P_{cs} = 2.5}$ Mpa, Her iki kaynak noktasından $\boldsymbol{m = 50\ kg/_s}$ kütle girişi olduğunu kabul ederek yapılan hesaplamalar sonucu oluşan tablo çıkmaktadır.

Tablo 3: Hesaplanan değerlerin bir tablo halinde gösterimi

	Temperature	**Pressure**	**Entropy**	**Quality**	**Enthalpy**	**Mass Flow**
	ºC	MPa	kj/ kg.K		kj/kg.K	kg/s
1	318	11	3,5	0	1440	50
2	280	6,5	3,6	0,24	1440	50
3	224	2,5	3,7	0,36	1440	100
4	224	2,5	6,2	1	2802	26
4'	460	2,5	7,2	SH	3365	26

5	224	2,5	2,5	0	962	74
6	200	1,57	2,25	0	854	74
7	150	0,487	1,9	0	635	74
8	110	0,145	6,5	0,76	2139	26
8’	145	0,145	7,5	SH	2842	26
8s’	110	0,145	7,2	0,997	2755	26
8s	110	0,145	6,2	0,7	2023,3	26
9	110	0,145	1,4	0	462	13
10	60	0,02	0,9	0	251	13
G	110	0,145	7,25	1	2692	0

Bu değerleri diyağram üzerinde gösterecek olursak eğer;



Şekil 3: Bu değerlere ait diyagramımız ise bu şekilde olur;
(Thain ,ve DiPippo, 2015)

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

İlerideki yıllarda enerji açığının giderek büyüyeceği tahmin edildiğinden, ülkemizde hava ve çevre kirliliğinin önüne geçmek ve dışa bağımlı olarak enerji ihtiyacımızı karşılamaktan kurtulmak öncelikli amaçlarımızdan biri olmalıdır. Bu kapsamda ülkemizdeki jeotermal ve biokütlesel kaynaklarda göz önüne bulundurulduğunda jeotermal enerjiyi yenilenebilir ve sürdürülebilir olmasından dolayı daha fazla değerlendirmemiz gereken yerli bir enerji kaynağı olarak değerlendirmemiz gerekmektedir.

Biokütle destekli jeotermal enerji santrallerimizi kurarken araştırmada bulduğumuz verilerinde desteğiyle birlikte hangi tür biokütle kullanacağımıza karar vermede etkili olacaktır.

Dolaylı yollardan yararlanma yani (elektrik üretimi) için 80ºC ve üzerindeki akışkandan yararlanmamız gerekmektedir. Bununla birlikte verimi arttırmak, çevreye ve ekolojiye verdiği zararları azaltmak için biokütleden ’de yararlanmamız gerekmektedir.

Sahip olduğu jeotermal kaynaklar bakımından dünyadaki ilk 7 ülke arasında yer alan ülkemizde jeotermal enerjiye daha fazla yatırım yaparak, %76 dışarıdan ithal ettiğimiz enerji bağımlılığımızı ortadan kaldırabiliriz.

Jeotermal Enerji, veriminin yüksek olması, üretim kolaylığı ayrıca jeotermal ve biokütle kaynak yönünden ülkemizin zengin olması daha fazla önem vermemiz gereken yerli bir enerji kaynağıdır. Jeotermal enerji mevsimsel şartlardan etkilenmemesinden dolayı diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının önüne geçmiştir.

KAYNAKLAR

Çetin, E., Hekim,M. ve Özden, H., “A Small Scale Geothermal Power Plant in Denizli-Turkey for Sustainable Energy Studies”, 26th European Conference on Operational Research -EURO 2013, (2013)

Tamyerli, U, Jeotermal enerjiden elektrik üretilmesinin irdelenmesi Örnek çalışma Kütahya-simav jeotermal sahası, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi , (2007)

TMMOB Yayın Kurulu, 2003, Önsöz bildirgesi, Günes enerjisi sistemleri sempozyumu ve sergisi bildiri kitabı, Günes Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, TMMOB Yayın No: E/2003/321, 20-21 Haziran 2003, Mersin.

Köse, R., Tugcu, A., Yamık, A., 2004, Kütahya'da jeotermal enerji kullanımının irdelenmesi, II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi Bildirisi Kitabı, Kütahya, s: 278-283.

Akkuş, _., Akıllı, H., Ceyhan, S., Dilemre, A., Tekin, Z., 2005, Türkiye jeotermal kaynakları envanteri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlügü, Ankara, s: 729.

Özdemir M. Hilmi, " Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi ve Aydın-Salavatlı Sahası Elektrik Üretim Santrali " (2011) 14:06 Page 9

Legmann, H., Rotokawa Geothermal Combined-cycle Power Plant, Bulletin d'Hydrogiologie, No. I7, Centre d'Hydrogiologie, Universid de Neuchritel (1999) 425-431.

DiPippo, R., Geothermal Power Plants, 3rd. Ed.: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact, R. DiPippo, Chap. 5, Single-Flash Steam Power Plant, Butterworth-Heinemann: Elsevier, Oxford, England (2012a)

Ian Thain and Ronald DiPippo Hybrid Geothermal-Biomass Power Plants: Applications, Designs and Performance Analysis (2015)

Özden, H. ve Paul, D. (2011). "organik rankin çevrim teknolojisiyle düşük sıcaklıktaki kaynaktan faydalanılarak elektrik üretimi. Örnek çalışma: Sarayköy Jeotermal Santrali". X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.

ABS Energy Research, 2004. Biomass Report: Direct and Indirect Use, ABS Energy Research, <http://www.absenergyresearch.com/ cmsfiles /reports/Biomass-Report-Ed-3-2009.pdf>, alındığı tarih 10.08.2009.

Demirbaş, A. ve Demirbaş, M. F., 2003. Biomass and wastes: Upgrading alternative fuels, Energy Sources Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 25(4), 317–329.

Wilaipon, P., 2007. Physical characteristics of maize cob briquette under moderate die pressure, American Journal of Applied Sciences, 4(12), 995–998.

Suarez, J. A., Beaton, P. A., Luengo, C. A., and Felfli, F. F., 2003. Coffee husk briquettes: A renewable energy source, Energy Sources Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 25(10), 961–967.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (29 Eylül 2019), Erişim Adresi : http://bepa.yegm.gov.tr/.

Orman Genel Müdürlüğü, (29 Eylül 2019), Erişim Adresi : https://www.ogm.gov.tr/

Türkiye İstatistik Kurumu TÜİK (29 Eylül 2019), Erişim Adresi : http://tuik.gov.tr/

OTOMOBİL JANTLARINDAKİ ÜST MAÇA OFFSET BÖLGESİNİN ÇARPAN HAVA JETİ İLE SOĞUTULMASINDA DENEYSEL ARAŞTIRMA

Osman BALCI
Ege Üniversitesi

Müh. Dilara KOÇAK
Ege Üniversitesi

Müh. Hakan YAVUZ
CMS Jant ve Makine Sanayi A.Ş.

Doç. Dr. Utku ŞENTÜRK
Ege Üniversitesi

Prof. Dr. Aydoğan ÖZDAMAR
Ege Üniversitesi

ÖZET: Otomobil tekerlekleri, jantlar ve lastiklerden oluşmaktadır. Jantlar, hem lastikleri yerinde tutarlar hem de tekerleklere bağlama görevini üstlenirler. Otomobil jantları, ülkemizde alçak basınç döküm yöntemiyle alüminyum alaşımından elde edilmektedir. Bir kalıptan çok sayıda jant üretilmesi, kalıpların soğuma süresine doğrudan bağlıdır. O nedenle, kalıplar ne kadar hızlı soğutulursa o kadar çok sayıda üretim mümkündür ve jant malzeme iç yapısı için de hızlı soğuma daha iyi olmaktadır. Çalışma kapsamında, jant kalıbının üst maça offset kısmının hızlı soğumalarını sağlayacak optimum nozul çıkışı-soğutulan yüzey mesafesi değeri ve zamana bağlı taşınımla ısı transferi katsayısı deney yöntemiyle araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Soğutma, Çarpan Jet, Deneysel Yöntem

Experimental Investigation of Cooling of the Upper Match Offset Area on the Car Rims with the Multiple Air Jet

ABSTRACT: Automobile wheels consist rims and tires. The rims not only hold the tires in place, but also take on the task of attaching the tires to the wheels. Automobile rims are produced from aluminum alloy by low pressure casting method in our country. The numerous production of rims from a mold is directly dependent on the cooling time of the molds. Therefore, the faster the molds are cooled, the more production is possible, and fast cooling is also better

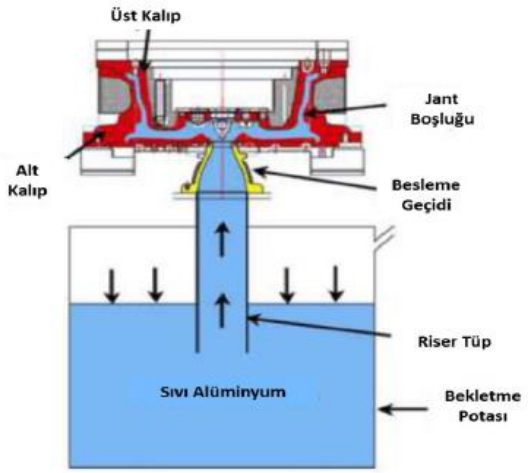
for rim material. In this study, optimum nozzle outlet-cooled surface distance value which will provide quick cooling of offset part of upper rim mold and the coefficient of heat transfer with time dependent convection was investigated by experimental method.

Keywords: Cooling, Impinging jet, Experimental Method

1.GİRİŞ

Otomobil tekerlekleri, jantlar ve lastiklerden oluşmaktadır. Jantlar, hem lastikleri yerinde tutarlar hem de tekerleklere bağlama görevini üstlenirler. Otomobil endüstrisi ilerledikçe, ağırlığın azaltılması amacıyla otomobil parçalarında dökme demir ve çelik malzemelerin yerini alüminyum alaşımları almaktadır (Zhang vd., 2007). Örneğin Kuzey Amerika'da, yeni otomobillerin %50'sinden fazlası alüminyum alaşımlı jantlara sahiptir (Zhang vd., 2007; Chiesa, 1995). Alüminyum ve alaşımlarının düşük yoğunluklu, yüksek dayanımlı, kolay işlenebilir, yüksek ısıl ve elektrik iletkenliğe sahibi olmaları nedeniyle, endüstriyel ve günlük uygulamalarda kullanımı her geçen artmaktadır (Türkmen vd., 2014).

Otomobil jantları, ülkemizde alçak basınç döküm yöntemiyle alüminyum alaşımından elde edilmektedir (Şekil 1). Bir kalıptan çok sayıda jant üretilmesi, kalıpların soğuma süresine doğrudan bağlıdır. O nedenle, kalıplar ne kadar hızlı soğutulursa o kadar çok sayıda üretim mümkündür ve jant malzeme iç yapısı için de hızlı soğuma daha iyi olmaktadır.



Şekil 1. Alçak Basınç Döküm Yöntemi (Topçuoğlu Vd., 2014)

Soğuma hızı, katılaşmada fazların boyutlarını ve dağılımını etkilemekte, yüksek soğuma hızı alüminyum dendritlerini inceltmekte, yani ağacı andıran dendritlerin kolları arası uzaklık azalmaktadır. Bu dendrit ağı birbirine ne kadar içiçe geçmişse, yani ince taneler oluşmuşsa, malzemenin dayanımı da o kadar artmaktadır. Şekil 2'de soğuma hızının iç yapıya etkisi gösterilmektedir (Dobrazanski, 2007).

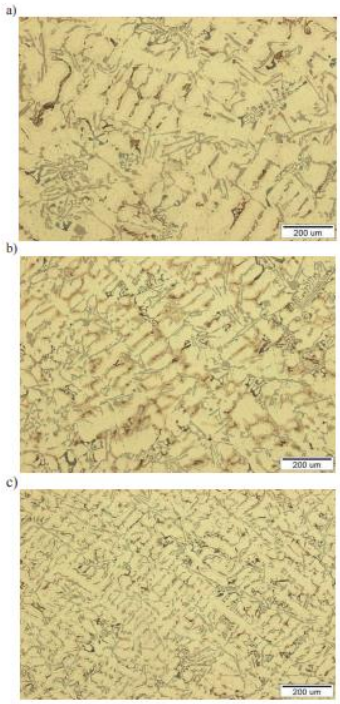
Çalışma kapsamında, jant kalıbının üst maça offset kısmının hızlı soğumasını sağlayacak optimum nozul çıkışı-soğutulan yüzey mesafesi değeri ve zamana bağlı taşınımla ısı transferi katsayısı değerleri deney yöntemiyle araştırılmıştır.

2. ÇARPAN HAVA JETİ

Çarpan hava jeti yöntemi, belli sıcaklığa sahip bir yüzeye hava püskürtülerek yüzeyi soğutma amacını gütmektedir. Sıcak bir cisim, herhangi bir çarpan jet olmaması durumunda dış ortam sıcaklığının daha düşük olması nedeniyle, cisim ve dış ortam sıcaklığı eşitleninceye kadar soğuyacaktır. Bu tür dış etkisiz soğumada, doğal taşınım ve ışınım ile soğuma olmaktadır. Sıcak yüzeye hava püskürtüldüğünde ise, zorlanmış taşınım ve ışınım ile soğuma gerçekleşerek, daha hızlı soğuma meydana gelmektedir. Bunun nedeni, taşınım ısı transferi katsayısının zorlanmış taşınımda artmasıdır (Tablo 1).

Tablo 1. Taşınım Türüne Göre Isı Taşınımı Katsayısının Değişimi (Bergman vd., 2011)

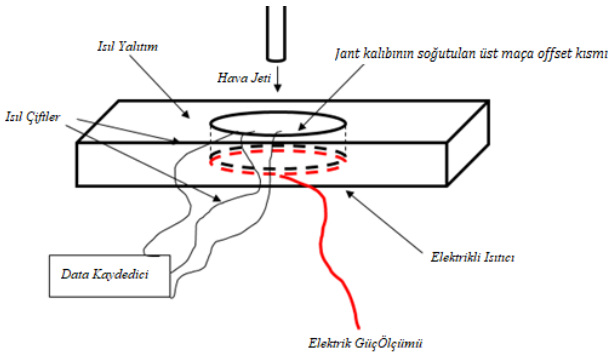
Taşınım Türü		**h (W/m^{2}K)**
Doğal Taşınım		
	Gazlar	2-25
	Sıvılar	50-1 000
Zorlanmış Taşınım		
	Gazlar	25-250
	Sıvılar	50-20 000
Faz Değişimi		
	Kaynama ve Yoğuşma	2 500-100 000



Şekil 2. Soğuma Hızının İç Yapıya Etkisi (Soğuma Hızı: A) 0,16 ^{0}C/S, B) 0,48 ^{0}C/S, C) 1,04 ^{0}C/S)

3. DENEY YÖNTEMİ

Deneyler, TÜBİTAK 2209 programı çerçevesinde sağlanan cihazlarla Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir (Balcı, O., 2019). Deney sisteminin şematik görünümü Şekil 3'de verilmiştir (Koçak vd., 2019).



Şekil 3. Deney Sisteminin Şematik Gösterimi (Koçak vd., 2019)

Optimum mesafenin belirlenmesi için, hava jeti olmadan ve hava jeti ile ve mesafenin 3 değişik değeri için soğuma analizi deneyi gerçekleştirilmiş, hem çarpan jet ile sağlanan soğutma iyileştirmesi hem de optimum nozul çıkışı-soğutulan yüzey arası mesafe belirlenmiştir. Bu sayede soğuma süresinin belirlenmesinin yanında, elde edilen değerler ile Nusselt sayısının zamana bağlı değişimi de belirlenmiştir. Toplam incelenecek durum, çarpan jetsiz durum ile beraber 3 değişik nozul çıkışı-soğutulan yüzey arası mesafe düşünüldüğünde 4 olmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan yüzey arası mesafeler (e); 8 mm (çarpan hava jeti ile ve çarpan hava jeti olmadığı iki durum), 24 mm ve 40 mm olarak belirlenmiştir.

Deneyde 200ºC'ye çıkarılan üst maça offset bölgenin 150ºC'ye kadar soğuması analiz edilmiştir. Offset bölgenin üst yüzeyi atmosfere açık olup, diğer yüzeyler yalıtılmıştır.

Deney düzeneği Ege Üniversitesi'nde kurularak çalışmaya uygun hale getirilmiştir (Şekil 4). Deneyde kullanılan rezistansın ısıtma kapasitesi 400 ºC ile sınırlıdır. Deney esnasında 600 ºC değerlerine de çıkılabilmiştir. Data kaydedicinin ölçüm hassasiyeti 0,1 ºC'dir. Seramik elyaf, termal şoka dirençli olup 1430 ºC'ye kadar sıcaklığı izole edebilmektedir. Ölçüm yapılırken termokuplların (ısıl çiftlerin) biri üst maça offset bölgenin sıcaklığını ölçerken diğer termokupl ile sürekli olarak rezistansın sıcaklığı kontrol edilmiştir.

Şekil 4. Deney Düzeneği

Deney verilerini elde etmek için, data kaydedicinin hafızasına kayıt ettiği değerler harici bellek aracılığıyla bilgisayara aktarılmış ve değerlendirilmiştir.

Maça, yüzey sıcaklığı 200 °C'ye ulaşıncaya kadar ısıtılmış ve daha sonra yüzey sıcaklığı 150 °C'ye düşünceye kadar hızlı bir şekilde soğutulmuştur.

Isı taşınım katsayısını bulmak için cisim üzerinde enerjinin korunumu denklemi yazılarak aşağıdaki ifade elde edilmiştir (Koçak vd., 2019):

$$m_i c_{pi} \frac{dT_i}{dt} = -h_i A_i (T_{si} - T_j) - \varepsilon \sigma A_i ({T_{si}}^4 - {T_{ai}}^4) \quad (1)$$

Bu eşitlikte; m_i plakanın kütlesini, A_i plakanın yalıtımsız atmosfere açık yüzey alanını ifade etmektedir ve 0,05721 m^2 değerindedir. T_j hava jetinin nozuldan çıkış sıcaklığı olup 33,25 °C'dir. 2344 çeliğin ışınım yayma oranı (ε) ise 0,7'dir. σ, Stefan–Boltzman sabiti 5,67*10-8 W/m^2K^4, T_{si} plaka yerel yüzey sıcaklığı, T_{ai} ise çevre sıcaklığı olup 29,4 °C'dir. Çeliğin özgül ısı değeri sıcaklığa bağlı olarak değişim göstermektedir. Gerekli özgül ısı değerleri interpolasyon ile hesaplanmıştır. Bu ifade, 1. derece ve 1. mertebe diferansiyel denklemdir. Bu denklem, nümerik sonlu farklar yöntemiyle çözülerek, zamana bağlı ortalama h_i ifadeleri elde edilmiştir. Ortalama Nusselt sayısı da

$$Nu = \frac{hD}{k} \quad (2)$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır.

4. SONUÇLAR

Deney sonuçlarına göre, ısı taşınım katsayısının zamana göre değişimi her durum için ayrı ayrı bulunmuştur ve aşağıdaki gibi t zamanına bağlı olarak denklemler ile ifade edilmiştir (Şekil 5):

Çarpan jetsiz (8 mm): h (t) = -7,61ln(t) + 60,722

Çarpan jetli (8 mm): h (t) = -7,073ln(t) + 59,984

Çarpan jetli (24 mm): h (t) = -7,147ln(t) + 60,411

Çarpan jetli (40 mm): h (t) = -7,053ln(t) + 59,519

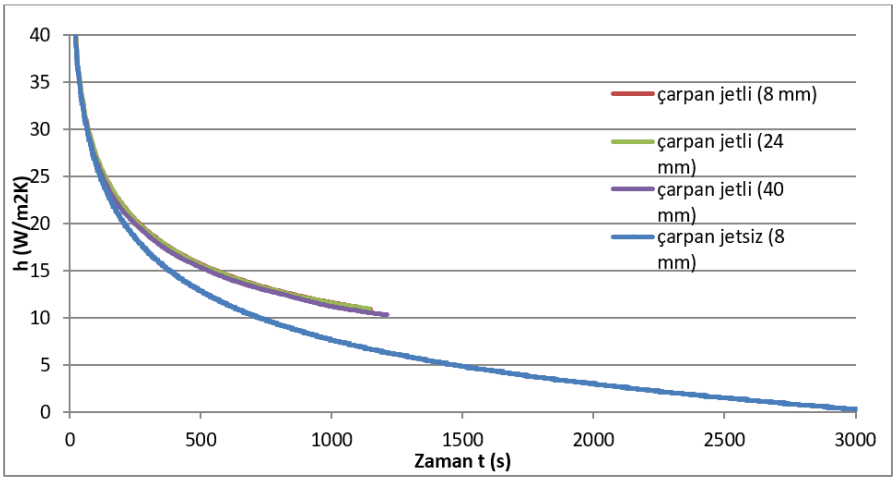
Aynı şekilde, Nusselt sayısının zamana göre değişimi her durum için ayrı ayrı bulunmuştur ve aşağıdaki gibidir (Şekil 6):

Çarpan jetsiz (8 mm): Nu (t) = -1,131ln(t) + 9,0229

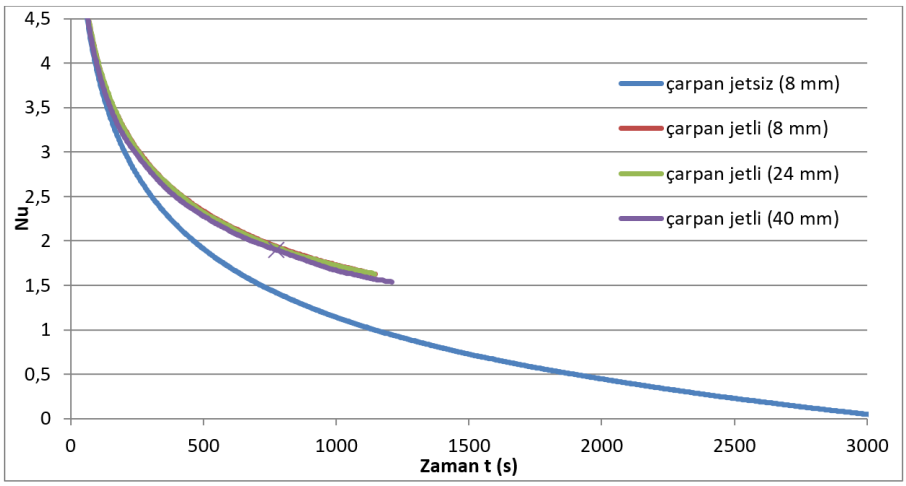
Çarpan jetli (8 mm): Nu (t) = -1,051ln(t) + 8,9122

Çarpan jetli (24 mm): Nu (t) = -1,062ln(t) + 8,9757

Çarpan jetli (40 mm): Nu (t) = -1,048ln(t) + 8,8431



Şekil 5. Isı Taşınım Katsayısının İncelenen 4 Durum İçin Zamanla Değişimi



Şekil 6. Nusselt Sayısının İncelenen 4 Durum İçin Zamana Bağlı Değişimi

KAYNAKLAR

BALCI, O. (2019). "Otomobil Jantlarındaki Üst Maça Offset Bölgesinin Çarpan Hava Jeti İle Soğutulmasında Deneysel ve Nümerik Optimizasyon", 2209-B Sanayiye Yönelik Lisans Araştırma Projeleri Destekleme Programı, Danışmanlar: ÖZDAMAR, A. ve YAVUZ, H., 30 s.

BERGMAN, T. L., LAVINE, A. S., INCROPERA, F. P., DEWITT, D. P. (2011). Fundamentals of Heat and Mass Transfer, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

CHIESA, F. (1995). "Influence of some processes and metallurgical factors on production of cast Al wheels"AFS Trans. 103: 547–554.

DOBRZANSKI, L.A., MANIARA, T., SOKOLOWSKI, J. H. (2007). "The effect of cooling rate on microstructure and mechanical properties of AC AlSi9Cu alloy", Archives of Materials Science and Engineering 28 (2): 105-112.

KOÇAK, D., YAY, B., ŞENTÜRK, U., ÖZDAMAR, A. (2019). "Daire Yüzeyli Plakaların Çarpan Hava Jeti İle Soğutulmasında Deneysel ve Nümerik Bir Araştırma", Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 2019.

TOPÇUOĞLU, Ö. Y., ÇE, Ö. B., AYBARÇ, U., KESKİÇ, M. (2014). "Alçak Basınç Döküm Prosesinde Kullanılan Kalıp Kaplama Malzemesinin Metal Akışkanlığına Etkisi", 7. Uluslararası Ankiros Döküm Kongresi, 11-13 Eylül 2014, İstanbul.

TÜRKMEN, M., AKDEMİR, O., TAŞPINAR, Y., YILDIZ, M., GÜNDÜZ, S. (2015). "Al-Mg-Si Alaşımının Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Soğuma Hızının Etkisi", Pamukkale Univ Muh Bilim Dergisi, 21(1): 11-14.

ZHANG, B., MAIJER, D. M., COCKCROFT, S. L. (2007). "Development of a 3-D thermal model of the low-pressure die-cast (LPDC) process of A356 aluminum alloy wheels", Material Science and Engineering A 464: 295-305.

SOL-JEL YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN NANO BOYUTLU HİDROKSİAPATİTE BORİK ASİT KATKISININ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Assoc. Prof. Dr. Atilla EVCİN[1]
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. İsmail YILDIZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışmada, biyoseramik tozlarından olan hidroksiapatite (Ca10(PO4)6(OH)2) borik asit (H3BO3) katkısının mikroyapı, fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla katkısız hidroksiapatit, ağırlıkça üç farklı oranda (% 5-10 ve 15) H3BO3 katkılı tozlar sol-jel yöntemiyle üretilerek şekillendirilmiş ve karakterize edilmiştir. Öncelikle tozların termal özellikleri Netzsch STA 449 marka Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DTA/TGA) cihazında, mineralojik yapısı Shimadzu marka X-Işınları Difraksiyonu (XRD) cihazında, morfolojik yapısı ise LEO 1430 VP model Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX) cihazı ile değerlendirilmiştir. Şekillendirip, 1000, 1050 ve 1100 °C'de 2 saat sinterlenen örneklere 3 nokta eğme mukavemeti, su emme, gözeneklilik ve pişme küçülmesi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Biyoseramik, Hidroksiapatit, borik asit, sinterleme, sol-jel

Investigation of the Effect of Boric Acid Additive on Nano-size Hydroxyapatite by Producing Sol-gel Method

ABSTRACT: In this study, the effect of boric acid (H3BO3) additive to hydroxyapatite (Ca10 (PO4) 6 (OH) 2) on the microstructure, physical and mechanical properties was investigated. For this purpose, pristine and doped hydroxyapatite with three different ratios (5-10 and 15%) were shaped and characterized. Firstly, thermal properties of powders were evaluated by Netzsch STA 449 Differential Scanning Calorimetry (DTA / TGA), mineralogical structure was evaluated by Shimadzu X-Ray Diffraction (XRD) device and morphological structure was evaluated by LEO 1430 VP scanning Electron Microscope (SEM-EDX). Shaped and sintered samples at 1000, 1050 and 1100 °C for 2 hours, 3 point bending strength, water absorption, porosity and firing shrinkage tests were performed.

Keywords: Bioceramics, hydroxyapatite, boric acid, sintering, sol-gel

1. GİRİŞ

Biyomalzemeler, herhangi bir organ, doku veya fonksiyonuyla yer değiştiren, tedavi eden yada güçlendiren bir sistemin herhangi bir parçası yada tümü olarak belli bir periyod boyunca kullanılan doğal yada sentetik kökenli madde veya maddelerin birleşimdir (Park 2008, Evcin ve Özdem 2019). HA implant uygulamalarda, kemik oluşturan hücreler (osteoblast) hidroksiapatit yüzey üzerine yapışmakta ve bunu takip eden kollojen ve kemik mineralleri direk olarak yüzeyde büyümektedir. En önemli dezavantajı mekanik özelliklerinin düşük olmasıdır.

HA, bir çok farklı metodla üretilebilir. Yaygın üretim metodları içerisinde katı hal reaksiyonları (Rao et al 1997), hidroliz prosesi (Sinitsyna et al 2005), kimyasal çökeltme prosesi (Yılmaz and Yılmaz 2018), hidrotermal sentez (Yang et al 2014), sol-jel prosesi (Evcin and Özdem 2019), mekanokimyasal proses (Adzila et al 2012) sayılabilir (Gshalaev and Demirchan 2012). Tablo 1'de görüldüğü gibi biyomalzemeler metal, seramik, polimer ve kompozit olarak sınıflandırılır (Kumar, Sindhu 2018).

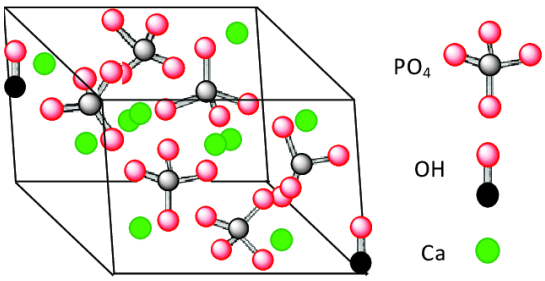
Biyomalzemelerin avantaj ve dezavantajları Tablo 2'de verilmiştir (Tappa and Jammalamadaka 2018). Bir kalsiyum fosfat bileşiği olan HA kemik ve dişlerdeki mineral yapılarla aynı kompozisyondadır. İnsan kemiğinin ~ 43% (W) , 70% (V) hidroksiapatittir (Riaz et al 2018). Kimyasal Formülü Ca10(PO4)6(OH)2' dir. %100 saf, kristalin hidroksiapatitin diğer kalsiyum fosfatlı bileşiklere göre en az çözünürlüğe sahip, en fazla kararlı olan ve en yüksek dayanıma sahip olduğu belirlenmiştir (Gshalaev and Demirchan 2012). Hidroksiapatititn kimyasal yapısı Şekil 1'de verilmiştir (Rujitanapanich et al 2014).

Tablo 1. Biyomalzemelerin sınıflandırılması

Malzeme Türü	Kullanılan Malzeme	Örnek
Metal	Ti, Paslanmaz çelik, Co-Cr alaşımları vb.	Kalça/eklem protezleri, diş implantları
Seramik	Al_2O_3, HA, TCP, karbon esaslılar	Diş hekimliğinde, kalça yuvalarında
Polimer	Naylon, Silikon, Teflon vb.	Ameliyat iplikleri, suni kan damarları
Kompozit	C-C	Eklem implantları, kalp kapakçığı

Tablo 2. Biyomalzemelerin avantaj ve dezavantajları

Malzeme	Avantajlar	Dezavantajlar	Örnekler
Polimerler: Silikon, Teflon, Dacron, Naylon	Düşük yoğunluk, esneklik, fabrikasyon kolaylığı	Mekanik dayanım azlığı, zamana bağlı degrasyon	Diş, Çimento, sunitendonlar, kulak
Metaller: 316 S, Titanyum Alaşımları Magnezyum	Yüksek dayanımlılık, Aşınma dayanımı	Düşük biyolojik uyumluluk, fizyolojik ortamda korozyon, yüksek yoğunluk, yumuşak bağ dokuları ile mekanik uyumsuzluk	Ortopedik fiksatörler, diş implantları
Seramikler: Aluminyumoksit, Hidroksiapatit, Titanyumoksit	İyi biyolojik uyumluluk, korozyona dayanıklılık, inert, biyoaktif, biyobozunur Sürtünme direnci yüksek	fabrikasyon zorluğu, düşük kırılma tokluğu, yüksek yoğunluk,	Hip protezleri, seramik dişler Kaplamalar greftler
Kompozitler: Seramik kaplı metal, Karbon kaplı malzeme	İyi biyolojik uyumluluk, korozyona dayanıklılık, inert	Fabrikasyon üretim zorluğu	Suni kalp vanaları, Diz eklem implantları

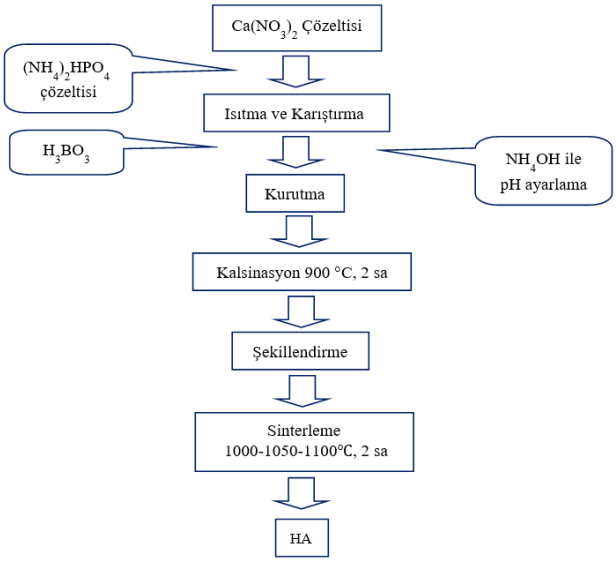


Şekil 1. Hidroksiapatit yapısı

Bu çalışmada borik asit katkısının hidroksiapatit üzerindeki çeşitli etkileri irdelenmiştir. HA'ya değişen oranlarda H3BO3 ilavesi ve sinterleme sıcaklığına bağlı olarak elde edilmiş ve mikroyapı, fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimi incelenmiştir.

2. MATERYALVE METOD

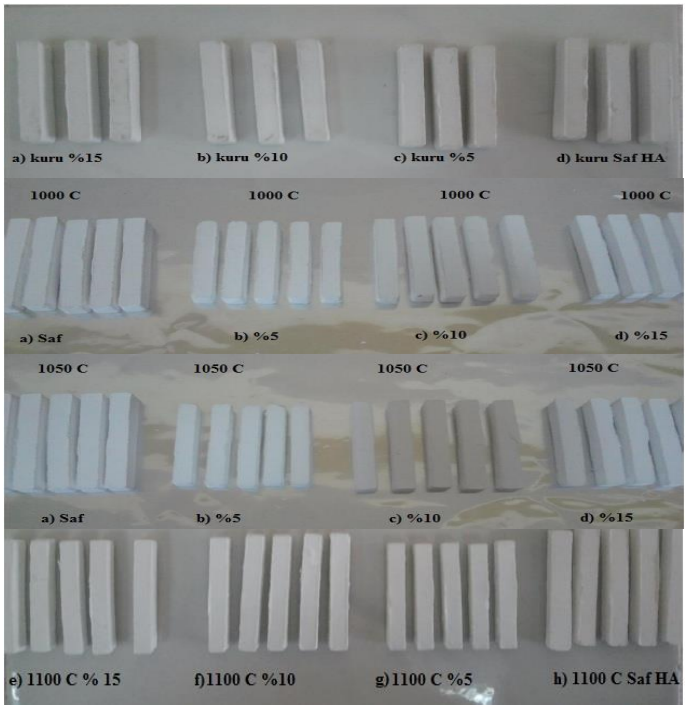
Deneysel çalışmada katkısız Hidroksiapatit (HA), % 5, % 10, % 15 (% ağırlıkça) H3BO3 katkılı tozlar ileri toz üretim tekniklerinden Sol-jel Yöntemiyle üretilmiş ve bu tozların şekillendirilmesi sonucu üretilen numunelerin özelliklerine bakılmıştır. Deney akım şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Deney akım şeması

Şekil 3'te sol-jel yöntemiyle hazırlanan çözeltinin önce jel haline sonra çözücünün uzaklaşmasıyla kurutulmuş HA görülmektedir. Şekil 4'de kurutulan tozların tek eksenli preste şekillendirilmesiyle elde edilen numunelerin ham ve 3 farklı sıcaklıkta sinterlenmiş formları görülmektedir.

Şekil 3. Jel halindeki HA ve kurutulmuş HA



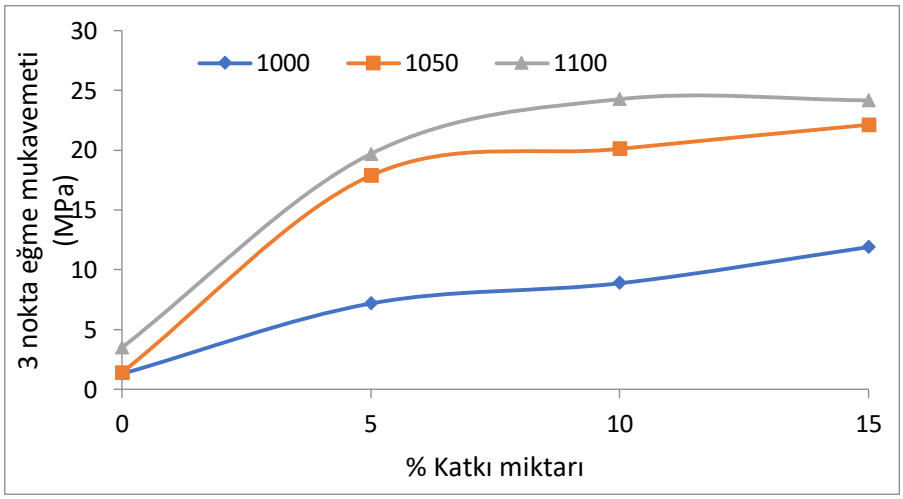
Şekil 4. Şekillendirilmiş numuneler

Sinterlenmiş numunelere aşağıdaki testler uygulanmıştır;

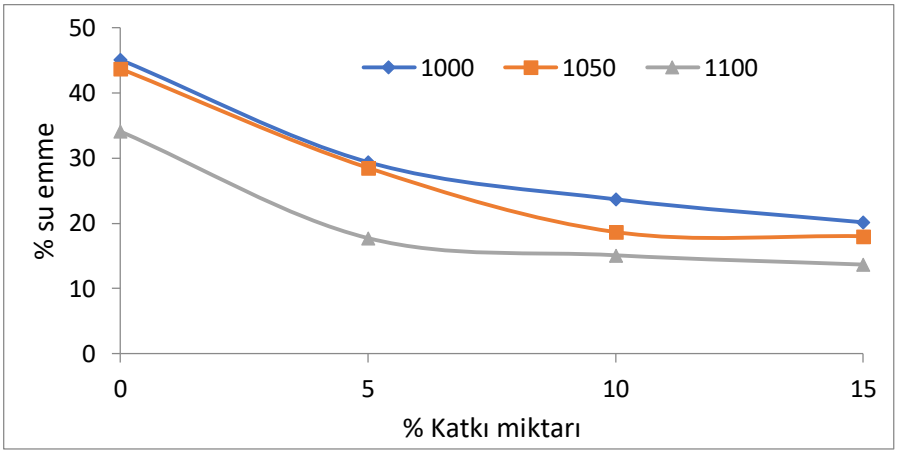
- Üç nokta eğme mukavemeti deneyi
- Su emme deneyi
- Görünür gözeneklilik deneyi
- Birim hacim ağırlığı deneyi
- Pişme küçülmesi
- Direfansiyel termal analizi (DTA)
- XRD (X-Ray difraksiyon) Analizi
- SEM Analizi

3. BULGULAR

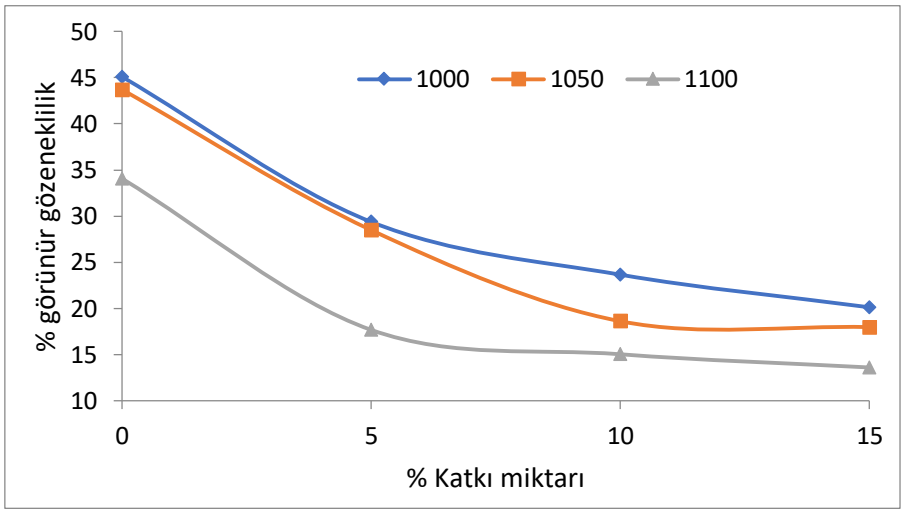
Şekil 5'te 3-nokta eğme mukavemeti test sonuçları grafik halinde verilmiştir. Grafikten görülebileceği gibi borik asit katkısının miktarının artması mukavemeti artırmıştır. % 10 katkısından sonra fazla bir değişim gözlemlenmemiştir. Borik asit seramik sektöründe ergitici ajan olarak (fluxing agent) katılmaktadır. Dolayısıyla düşük ergime sıcaklığına sahip olduğundan HA bulk yapısındaki gözenekleri doldurarak mukavemette artış göstermiştir. Sıcaklığın etkisi ise beklenen şekilde sinterlemede taneler arası boşluğun azalması boyun oluşumu ve tane irileşmesi sağladığından mukavemet de artmıştır.



Şekil 5. Sinterlenmiş numunelerin katkı miktarıyla 3-nokta eğme mukavemeti değişimi



Şekil 6. Sinterlenmiş numunelerin katkı miktarıyla % su emme değişimi

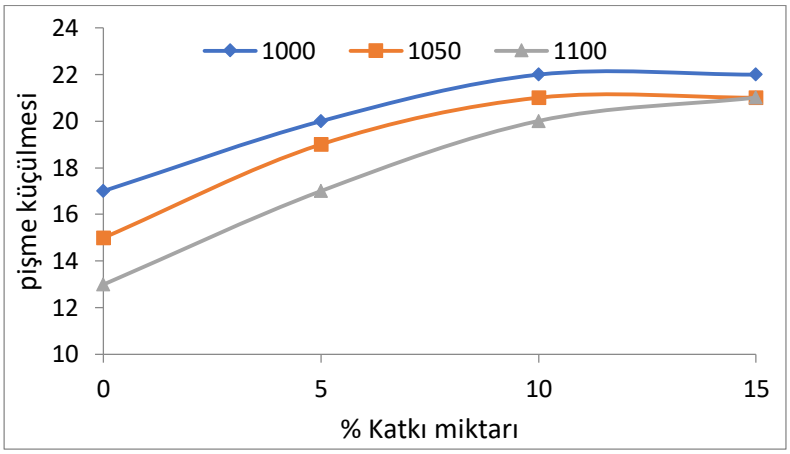


Şekil 7. Sinterlenmiş numunelerin katkı miktarıyla % görünür gözeneklilik değişimi

Şekil 6'da % su emme oranına etkisi araştırılmıştır. Katkı miktarının artması gözenekler içerisinde ergiyerek dolduran borik asit nedeniyle % su emme değerinde düşüşe neden olmuştur. Sıcaklığın % su emmeye etkisi gözeneklerin küçülmesinden dolayı düşüş şeklinde kendini göstermiştir.

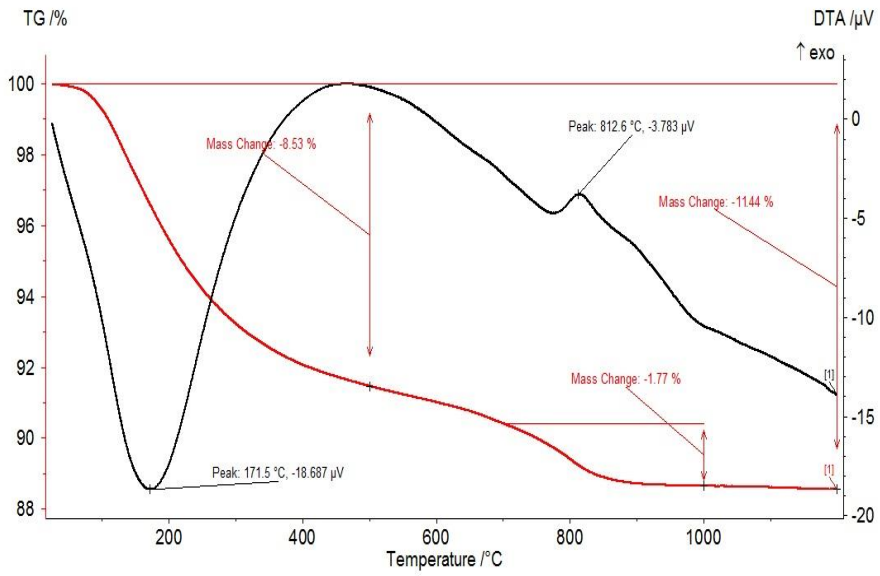
Şekil 7'de % su emmeye paralel olarak % görünür gözeneklilik değerlerinin değişimi verilmiştir. Su emme oranının düşmesi gözenekliliğin azalması nedeniyle

olduğu için katkı miktarının artmasıyla gözlenen düşüş beklenen bir durumdur. Sıcaklık etkisi % su emmede olduğu gibidir.



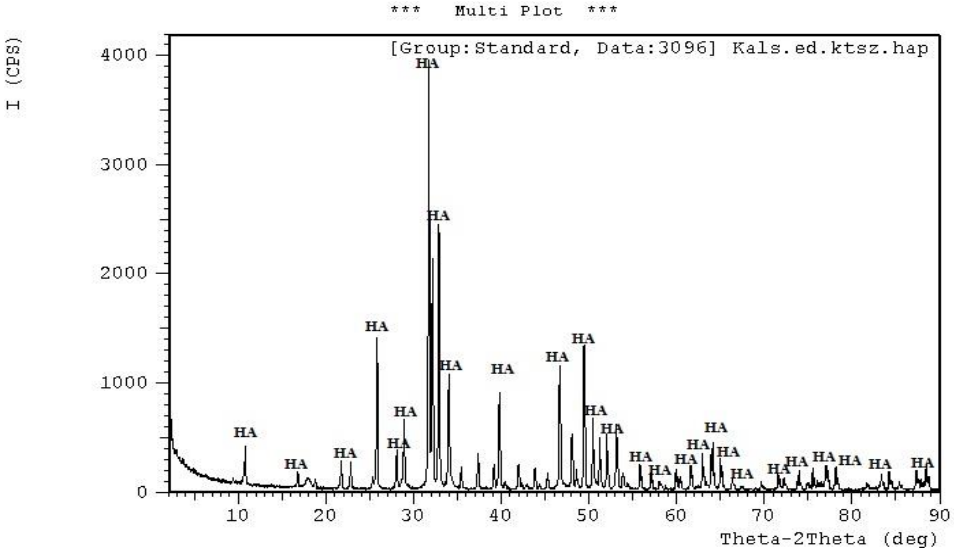
Şekil 8. Sinterlenmiş numunelerin katkı miktarıyla % pişme küçülmesi değişimi

Borik asit katkısının % pişme küçülmesine etkisi Şekil 8'de verilmiştir. Şekilden artan katkı ve sıcaklıkla pişme küçülmesinde artış elde edildiği görülmektedir.



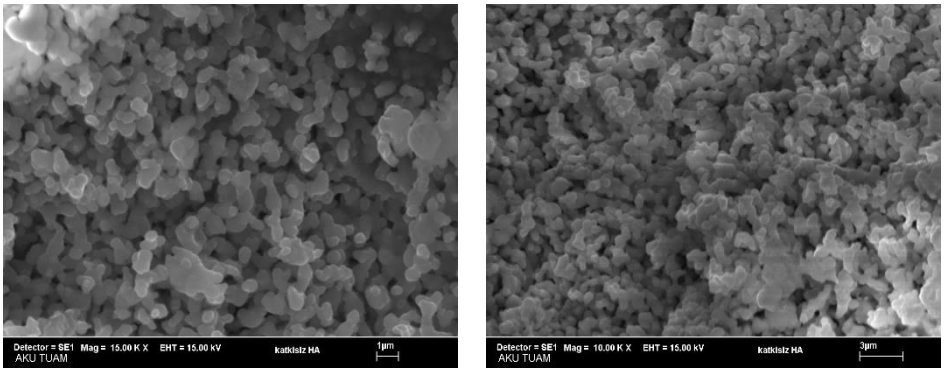
Şekil 9. Hazırlanan tozların DTA/TG analizi

Şekil 9'da sol-jel yöntemiyle hazırlanan tozların DTA/TG analizi görülmektedir. 171 °C'de görülen endotermik pik yapıdaki bağlı su ve uçucu organiklerin uzaklaşması nedeniyledir. 500°C'deki egzotermik pik başlangıç kimyasalların dekompozisyonu ve nitrat, amonyumlu bileşiklerin bozunması nedeniyledir. 800°C'deki ikinci egzotermik pik ise HA'in kristal dönüşümündendir. Oda sıcaklığından 1000°C'ye kadar olan % ağırlık değişimi 11,44 çıkmıştır.

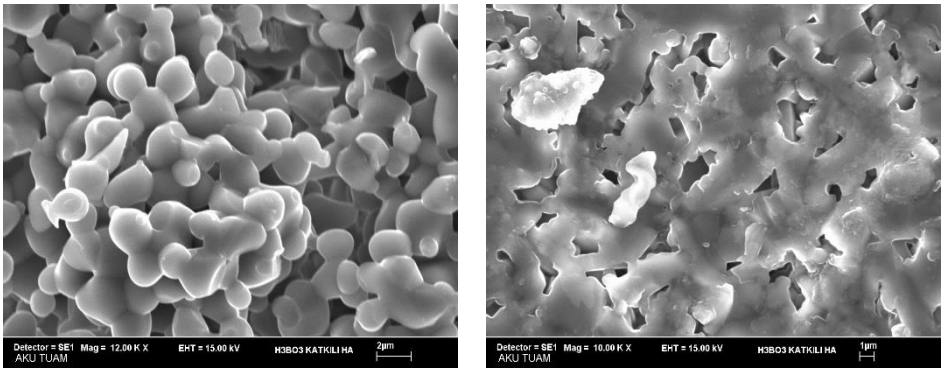


Şekil 10. Üretilen tozların XRD diyagramı

Şekil 10'da tozların XRD diyagramı verilmiş olup, HA pikleri elde edilmiştir.



Şekil 11. Katkısız HA SEM görüntüleri



Şekil 12. Borik asit katkılı HA SEM görüntüleri

Şekil 11 ve 12'de şekillendirilip sinterlenmiş numunelerin SEM görüntüleri verilmiştir. Borik asit katkısı yapıda ergiyerek gözenekleri doldurmuş ve camsı faz meydana getirmiştir. Şekil 12'de bu camsı fazlar belirgin bir şekilde görülmektedir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

- Sol-jel yöntemiyle nano boyutlu hidroksiapatit tozları başarıyla üretilmiştir.
- Borik asit katkısının sinterleşmeyi olumlu yönde etkilemiştir. Sinterleme sıcaklığını düşürdüğü düşünülmektedir. Borik asit katkısıyla 3-nokta eğme mukavemetinde belirgin bir artış görülmüştür. En yüksek artış ise 1100 °C'de 24 MPa ile elde edilmiştir.
- Katkı miktarı ve sıcaklık artışıyla taneler arası gözenekler ve su emme azalmış yoğunluk artmıştır. En düşük su emme yine 1100 °C'de 13,64 olarak elde edilmiştir.
- Katkı miktarı ve sıcaklık artışı % pişme küçülmesini artırmıştır.
- SEM görüntüleri fiziksel ve mekanik özelliklerdeki tüm bu değişimleri ispatlar niteliğindedir.
- Sonuç olarak mukavemeti artırılmış HA greftlerin üretimi için bir ön çalışma başarıyla tamamlanmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda HA greftlerin in vitro ve in vivo testleri, biyaktivite analizleri yapılarak yapay kemik ve dolgu olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

Adzila S. Sopyan I., Hamdi M.. (2012). Mechanochemical Synthesis of Hydroxyapatite Nanopowder: Effects of Rotation Speed and Milling Time on Powder Properties. Applied Mechanics and Materials. 110. 3639-3644. 10.4028/www.scientific.net/AMM.110-116.3639.

Evcin A., Özdem M.F. (2019) Cam Fiberle Güçlendirilmiş Hidroksiapatit Üretimi, AKÜ FEMÜBİD 19 : 015701 (170-176) Doi: 10.35414/akufemubid.482743

Gshalaev V.S., Demirchan A.C., 2012. Hydroxyapatite Synthesis, Properties and Applications, Nova Science Publishers, NewYork

Kumar P., Sindhu A. (2018) Materials for Tissue Engineering. In: Gahlawat S., Duhan J., Salar R., Siwach P., Kumar S., Kaur P. (eds) Advances in Animal Biotechnology and its Applications. Springer, Singapore

Madeeha Riaz, Rehana Zia, Ayesha Ijaz, Tousif Hussain, Munaza Mohsin, Abdul Malik, (2018) Synthesis of monophasic Ag doped hydroxyapatite and evaluation of antibacterial activity, Materials Science and Engineering: C, 90: 308-313, https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.04.076.

Park J., Lakes R.S., 2008. Bioceramics Properties, Characterizations, and Applications, Springer, Iowa, 183-204.

Rao R., Roopa, H.N., Kannan, T. (1997). Solid State Synthesis and Thermal Stability of HAP and HAP-β-TCP Composite Ceramics Powders. Journal of Materials Science Materials in Medicine. 8: 511-518. 10.1023/A:1018586412270.

Rujitanapanich S., Kumpapan P., Wanjanoi P., (2014). Synthesis of Hydroxyapatite from Oyster Shell via Precipitation. Energy Procedia. 56: 112–117. 10.1016/j.egypro.2014.07.138.

Sinitsyna, O., Veresov AG, Kovaleva, E., Kolen'ko Y.V., Putlyaev V., Tretyakov Y., (2005). Synthesis of hydroxyapatite by hydrolysis of α-Ca3(PO4)2. Russian Chemical Bulletin. 54: 79-86. 10.1007/s11172-005-0220-9.

Tappa K., Jammalamadaka U., (2018). Novel Biomaterials Used in Medical 3D Printing Techniques. Journal of Functional Biomaterials. 9. 10.3390/jfb9010017.

Yang Y., Wu Q., Wang M., Long J., Mao Z., Chen X., (2014). Hydrothermal Synthesis of Hydroxyapatite with Different Morphologies: Influence of Supersaturation of the Reaction System. Crystal Growth & Design. 14: 4864-4871. 10.1021/cg501063j.

Yilmaz A.Y., Yilmaz S. (2018) Wet chemical precipitation synthesis of hydroxyapatite (HA) powders, Ceramics International, 44(8): 9703-9710, https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.02.201.

KAOLİN'DEN ALKALİ FÜZYON YÖNTEMİYLE ZEOLİT A SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

Ceyda BİLGİÇ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Ayşe ÇİFTÇİ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

ÖZET: Zeolit A, Türkiye'den doğal kaolin kullanılarak sentezlendi. Doğal kaolin ve sentezlenen A zeoliti X-ışını floresansı (XRF), X - ışını kırınımı (XRD), Fourier dönüşümü kızıl ötesi spektroskopi (FTIR), ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile karakterize edildi, Metakaolinizasyon işlemi, doğal kaolinin 800 ºC'de 2 saat kalsine edilmesiyle gerçekleştirildi. Hidrotermal işlemden önce alkali füzyon yöntemi uygulandı. Füzyon yönteminde kaolin/alkali aktivatör (NaOH) oranı = 1/1,5 (ağırlıkça) olacak şekilde toz halde birlikte öğütülüp, 550°C'de 1 saat füzyon işlemine tabi tutuldu. Elde edilen katı numune, su ile karıştırıldı (10 gr katı/100 ml su) ve oda sıcaklığında 24 saat yaşlandırma işlemi yapıldı. Yaşlandırma işleminde ultrasonik destekli yaşlandırma uygulandı. Örnek 1 gece yapılan yaşlandırma işleminden sonra ultrasonik su banyosunda 1 saat işleme tabi tutuldu. Oluşan jel ise 24 saat boyunca 100 ºC' de ısıtıldı. Elde edilen zeolit, distile su ile birkaç kez (pH 10'un altında) yıkandı ve 110 ºC'de kurutuldu. Yuvarlatılmış kenarları olan kübik kristal zeolit A, yüksek kristallik derecesinde elde edildi.

Anahtar Kelimeler: Kaolin, metakaolin, sentez, karakterizasyon, Zeolit A

Synthesis and Characterization of A Zeolite from Kaolin By Alkaline Fusion

ABSTRACT: Zeolite is synthesized using natural kaolin from Turkey. The starting kaolin and the final A zeolite sample were characterized by *X-Ray Fluorescence* (*XRF*), X- Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Scanning Electron Microscopy (SEM), Metakaolinization was achieved by calcining the kaolin at 800 ºC within 4 h. The optimization of the hydrothermal synthesis process, the raw material were dry mixed with NaOH (powder) in a raw material/alkaline activator ratio = 1/1.5 in weight for 30 min and the resultant mixture was fused at 600 °C for 1 h. The fused product was ground in a mortar and then 10 g of this was dissolved in 100 ml of distilled water under stirring conditions to form the amorphous precursors. Hydrogels

were aged under static conditions during 24 h at room temperature and treated with 1h ultrasonic water bath. The mixture was maintained under magnetic stirring and heated at 100 ºC for 24 h. The resulting zeolite was washed with distilled water several times (under pH 10) and dried at 110 ºC. In this study, cubic crystal with rounded edges zeolite A was obtained with high crystallinity.

Keywords: kaolin; metakaolin, synthesis, characterization, zeolite A

1. INTRODUCTION

The abundance and availability of kaolin reserves as a raw material sources and relatively low cost guarantee their continued utilization in the future and most of the world's reserves are found in Turkey. Generally, in Turkey, kaolinite is used for various special ceramic and refractory applications and in the paper industry for coating and filling. Kaolin is composed of kaolinite, a TO (tetrahedral–octahedral) clay mineral consisting of aluminum and silicon oxides; it also contains some iron, titanium, or manganese impurities as isomorphous substituents in both the octahedral and the tetrahedral layers or as extra framework phases, depending on where the clay originates. However, kaolin does not present good adsorption capacity due to its low cationic exchange capacity (CEC) and specific surface area (SSA) as compared to TOT (tetrahedral–octahedral–tetrahedral) clay minerals and other synthetic materials. Therefore, the synthesis of zeolites from clays such as kaolin is advantageous because zeolites are promising materials for the use in the detergents industry, as catalysts for petrochemical reactions, removal of many environmental pollutants and the purification of industrial wastewater (Xu et al., 2014:1128).

The chemical compositions of materials affect their properties and variations in the kaolin structure and composition can thus affect its subsequent chemical reactivity (Bergaya and Lagaly, 2006:1-18). By converting kaolin to the more reactive metakaolin via thermal activation and subjecting it to hydrothermal treatment in a NaOH medium, zeolite is produced. The use of kaolin as a source of silica and alumina was reported by Barrer (Barrer, 1982:360) after it was calcined between 700 and 1000°C to form metakaolin. However due to the variations in kaolin composition and structure its subsequent chemical reactivity may be affected. Synthesis of zeolites from kaolin is affected by factors such as degree of crystallinity of the kaolin (Murat et al., 1992:123), kaolin composition (Mohiuddin et al., 2016:213), mineralogical impurities (Murat et al., 1992:120), calcination temperature of kaolin (Chandrasekhar and Pramada, 2008:153) specific surface area of kaolin (Granizo et al., 2000:6309) synthesis parameters such as crystallization temperature, time

(Mohiuddin et al., 2016:214) and silica alumina ratio. After calcination of the precursors to form metakaolin, three distinct coordination's of Al i.e. tetrahedral (AlO_4), penta (AlO_5) and octahedral (AlO_6) species were observed however the relative amount of each differed between the two kaolins. The AlO_6 in kaolin was converted to more reactive AlO_5 and AlO_4 sites via dehydroxylation of kaolinite (Chandrasekhar and Pramada, 2008:155). In this sense, natural clays have been modified to prepare several types of materials, including nanotubes (Dong et al., 2003:1302), metakaolins (Belver and Vicente et al., 2006:1541), and zeolites (Belver and Vicente et al., 2006:1541). The final material depends on the parent clay and on the treatment to which the clay is submitted. Zeolites obtained from kaolin are highlighted as advantageous, inexpensive materials for this purpose. Zeolites can be prepared by treating kaolin with alkaline compounds. The reactivity of the clay increases if it is calcined at medium temperatures (ca. 600 ^{o}C), to form metakaolins in the intermediate step (Belver et al., 2002:2034).

The aim of this research was to know the characteristics of zeolite A from kaolin (Turkey). Characterization of kaolin and the final A zeolite sample were characterized by *X-Ray Fluorescence* (*XRF*), X- Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Scanning Electron Microscopy (SEM). The synthesis of zeolite A from kaolin involves two basic steps: metakaolinization, which is the calcination of the raw kaolin at high temperature to change chemically stable kaolin into a very reactive but amorphous material, metakaolin, and hydrothermal treatment of the calcined kaolin with sodium hydroxide. In this work, investigated the hydrothermal transformation of kaolin into zeolites A, following the alkaline fusion method and crystallization mechanism of these zeotypes is also discussed.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Raw Material and Chemical Reagent

Kaolin sample was obtained from Turkey (ESAN Eczacıbaşı Industrial Raw Materials Inc.*)*. The Sodium hydroxide (powder) >97%, NaOH (Acros), of analytical grade and distilled water were used in all experiments. Properties of raw kaolin are shown in Table 1.

2.2. Calcination (Metakaolinization) and Synthesis of Zeolite A

The raw kaolin (RK) sample crushed and sieved with 250 mesh. The product continually calcined at 800 °C for 4 h, to form metakaolin phases. In a typical syn-

thesis process, the raw material were dry mixed with NaOH (powder) in a raw material/alkaline activator ratio = 1/1.5 in weight for 30 min and the resultant mixture was fused at 600 °C for 1 h. The alkaline reagent added to the starting material acts as an activator agent during fusion. Some of the inert crystalline phases in the raw materials can be fully reacted. The fused product was ground in a mortar and then 10 g of this was dissolved in 100 ml of distilled water under stirring conditions to form the amorphous precursors. Hydrogels were aged under static conditions during 24 h at room temperature and treated with 1h ultrasonic water bath. The mixture was maintained under magnetic stirring and heated at 100 ºC for 24 h. The resulting zeolites were washed with distilled water several times (under pH 10) and dried at 110 ºC. The zeolites obtained from Zeolite A were labeled A. The dried samples were weighed and kept in plastic bags for characterization (Askari et al., 2013:286; Kovo, 2014:788).

2.3. Characterization of the Materials

The sample of raw kaolin and synthesis product were characterized by XRF (X-Ray Fluorescence PAN analytical, Type: Minipal 4). Table 1 lists the chemical composition of the raw kaolin and zeolite A and X. The XRD patterns were recorded X-Ray Diffraction Pan analytical Empyrean technique using CuKα wavelength λ = 1.541 Å with angle range 2θ = 5-50˚. Fourier transform infrared spectra (FTIR) were obtained by using a Perkin Elmer FTIR spectrometer in 4000–400 cm^{-1} regions by the KBr wafer technique. The morphological structure of the solid phases was examined by scanning electron microscopy (SEM) (Hitachi Regulus 8230) and the chemical composition of mineral phases was studied using the an electron energy dispersive spectrometer (EDS) mode.

3. RESULTS and DISCUSSION

3.1 Reaction Mechanism during Zeolite Synthesis

The first step in the synthesis of zeolite A is the thermal treatment of raw kaolin to obtain a more reactive phase, metakaolin. The reaction mechanism of zeolite synthesis from kaolin and obsidian via alkaline fusion prior to hydrothermal reaction is discussed here and can be divided into a number of steps: fusion of the starting material with NaOH, dissolution of the alkaline fused product releasing Si and Al (preparation of the reaction gel) and hydrothermal reaction at 100 ºC for 24 h. The chemistry of evolution of the system, such as zeolite A, is very complex due to several factors, such as impurities present in the starting materials, gel composition and pH,

aging conditions, reaction temperature and time, formation of intermediate metastable phases, and nucleation and growth of more stable phases, among others. The alkaline fusion (solid-state reaction) step at 600 °C enhances the dissolution of the Al_2O_3 and SiO_2 from the starting materials, mostly converting them into sodium salts (Na_2SiO_3 + Na_2AlO_2). The step of gel preparation, Na_2SiO_3 + Na_2AlO_2 are dissolved in H_2O at room temperature to produce the reaction gel with a chemical composition, which can be expressed as $[Na_x(AlO_2)_y(SiO_2)_z.NaOH.H_2O]_{(gel)}$ as suggested by Kondru et al (Kondru et al., 2011:47). During the formation of zeolites A in the hydrothermal reaction, the following events occur: induction period, which is followed by nucleation and crystal growth. For the induction period, reaction intermediates remain mostly amorphous as a gel, prior to crystallization.

According to Epping and Chmelka, (Epping and Chmelka 2006:83), with the onset of crystallization, most of the intermediate gel transforms relatively rapidly to crystalline zeolytic product. This process appears to occur more rapidly in more concentrated gels, in which a greater number of small crystalline nuclei are expected to form during the induction period (Shi et al., 1996). During the induction period, a reorganization of the amorphous aluminosilicate gel occurred. It can lead to the formation of “crystalline” zeolite nanoparticles throughout the amorphous gel (Epping and Chmelka, 2006:96). Nucleation is a phase transition where a semi-ordered gel is transformed in a structure sufficiently ordered to germ nuclei, which become larger with time. The crystallization of zeotype materials is frequently constrained by limitations at the nucleation stage so that it is common practice to age reaction mixtures. There are two potential effects of this procedure on the synthesis reaction: (a) reduction of the induction period preceding the detection of crystalline product and (b) promotion of a dominant crystalline phase; thus, overall synthesis time can be shortened and product purity improved (Cundy et al., 1998:1465). A polymerization should be the process that forms the zeolytic precursors, which contains tetrahedra of Si and Al randomly distributed along the polymeric chains that are cross-linked so as to provide cavities sufficiently large to accommodate the charge balancing alkali ions. It is well known that zeolites are based on the primary tetrahedral building unit (TO_4) where the central tetrahedrally bonded (T) atom is usually either a silicon or aluminium atom, surrounded by four oxygen atoms. By linking these tetrahedra together, it is possible to build larger structures. According to Itani et al., (Itani et al., 2009:10127) during the initial polymerization of aluminosilicate species a significant part of the Na^+ is expelled from the gel into the solution, which restricts extensive polymerization and leads to formation of small aluminosilicate particles with open pore structure. During nucleation, the gel composition was significantly affected by thermodynamic and kinetic parameters (Ojha et al., 2004:560). Gel composition and

structure are significantly affected by thermodynamic and kinetic parameters. According to Breck (Breck, 1974:339), they are controlled by the size and structure of the polymerization species and gelation controls the nucleation of the zeolite crystallites. When the TO_4 units are linked together to form a zeolite framework, they characteristically yield periodic cavities and channels throughout the structure. The primary TO_4 units can be linked to create secondary building units (SBU's). In zeolite A, a combination of 4- and 6-rings promoted the formation of the β-cage. Crystallization generally involved the assimilation of material from solution by a crystal growth process, which began when the nuclei reached a critical size and the crystals started to grow. A stable phase reached the required equilibrium conditions to promote the crystal growth of zeolite A. The lineal growth rates of zeolites show a strong dependence with temperature. However, these rates are also influenced by several variables, particularly the molar composition of the reaction gel. The hydrothermal treatment of the reaction gel at the scheduled temperature and time of reaction produced the crystallization of zeolite A. The Na^+ cation also plays a very important role during zeolitization, because it stabilizes the sub-building units of zeolite frameworks and is fundamental for zeolite synthesis under hydrothermal conditions (Fernandez-Jimenez et al., 2005:1205). Smaihi et al. (Smaihi et al., 2003:4374) that the first crystallization stage proceeds by reorganization of the amorphous aluminosilicate units formed during the mixing of the precursors. The crystallization process takes place in the volume of the aggregates by propagation through the gel phase. This propagation through the gel continues to complete the transformation of the particles into zeolites A. After this stage, the growth in the system is dominated by the solution-mediated -transport, which leads to the crystallization of well-shaped crystals of zeolite A and consequently their structures.

3.2. Characterization of Kaolin and Synthesis Zeolite A

XRF analysis gives the silicon and aluminum composition of the raw kaolin and zeolite A. Kaolin has higher amounts of Fe_2O_3 and MnO. Clays usually have the reddish/brownish/yellowish color pattern on the surface of aggregates, on pore surfaces, and in the upper soil horizons as a result of oxidized transition metals such as Fe^{3+} and Mn^{4+}. The grayish/bluish colors of clays appear within aggregates or in the deeper soil horizons and are due to Fe^{2+} and Mn^{2+} cations present in the layers. Table 1 lists the chemical composition of the raw kaolin and zeolite A.

Table 1. Chemical Composition (wt%) of the Raw Kaolin and of the Obtained Zeolite A

LoI = Loss on ignition (calculated form TGA).

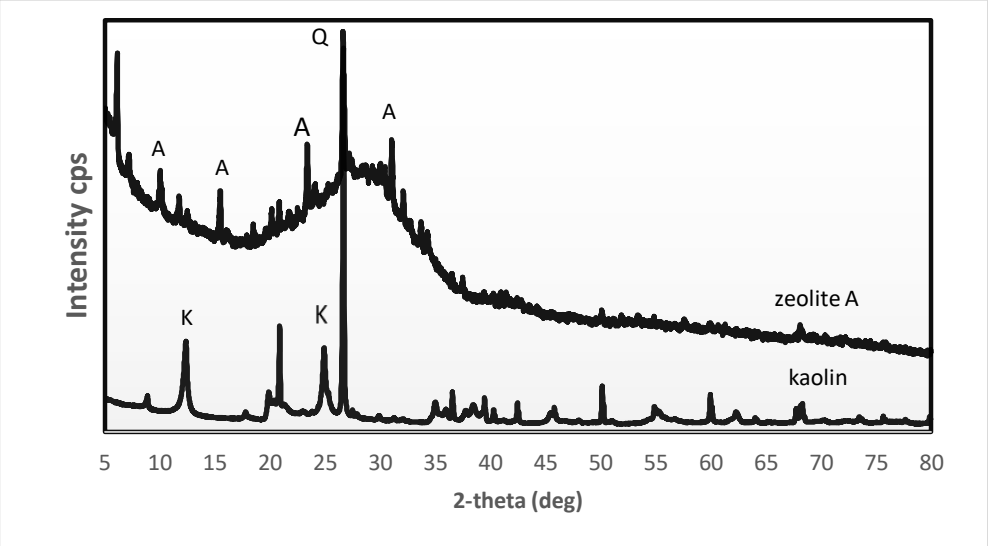
Sam-ple	**SiO_2**	**Al_2O_3**	**Fe_2O_3**	**MgO**	**CaO**	**Na_2O**	**K_2O**	**TiO_2**	**LoI**
RKao	55.64	27.79	1.71	0.72	0.21	0.24	1.52	1.20	10.71
ZeoA	36.62	26.21	1.66	0.60	0.24	15.42	0.67	1.02	17.38

The XRD pattern of the raw material, shown in Figure 1 a, corresponds to that of kaolinite, which has a layered structure with d_{100} at 12.34° and d_{200} 24.64° which are the characteristic peaks of kaolinite (Zhao et al., 2004:4). However, minor impurities, such as illite, muscovite and halloysite, also occur. Kaolinite can be recognized by its platy morphology and hexagonal outlines, with small well-formed hexagonal plates loosely packed, defining an orientation. XRD pattern of Figure 1 shows the entirely amorphous character of the obsidian, which is a non-hydrated silicate glass that have a three dimensional disordered framework structure. Metakaolin is of amorphous material and the highest diffraction peaks correspond to the presence of quartz (SiO_2), which is the crystalline phase, in metakaolin.

Linde Type Zeolite A (LTA) has a three-dimensional pore structure where the pores are perpendicular to each other along the x, y, and z directions. The pore diameter is defined by a

small ring (4.2°) of eight oxygen atoms, which gives a large cavity with free diameter of 11.4 °. The unit cell is cubic (a: 24.64 °). The XRD patterns in Figure 2 show the progress of zeolite synthesis by the fusion method, revealing the reduction of intensity of the characteristic peaks of the starting materials and the appearance of new reflection peaks corresponding to zeolite A, which show a progressive increase in the intensity with reaction time. Therefore, the reaction time influences the crystallinity of the synthesis products. The percentage of crystallinity of the synthesized zeolite A was calculated by comparing the sum of peak intensity of the most five intensive peaks of the synthesized zeolite A (d_{442} at 21.67° , d_{622} at 23.99 ° , d_{642} at 27.11 ° , d_{820} at 29.94 ° and d_{664} at 34.18 °) (Udhoji et al., 2005:368). The sharp decrease from metakaolin to zeolite may be due to the extremely high crystallinity of the zeolite particles and their large particle size, as suggested by X-ray diffraction

and confirmed by electron microscopy (vide infra). The shape of these crystals depends not only on the chemical composition of the zeolite, but also on the conditions used during the synthesis. In the current case, the morphology of the Zeolite A



crystals is very close to cubic.

Figure 1. The XRD pattern of kaolin, metakaolin and synthesis zeolite A. Q = Quartz, K = kaolin, A = zeolite A

The presence of aluminosilicate framework in the zeolites was confirmed using the FTIR spectroscopic technique. Figure 2 illustrates the IR spectra of the kaolin, metakaolin and synthesis product zeolite A. The peak of 3630 cm-1 is corresponded to the absorption of OH (Al-O-H) strain on the inner kaolin layer structure. The absorption band does not appear on the spectra of metakaolin. It was the dehydroxylation of the OH group on the kaolin structure to form metakaolin. The internal tetrahedral bending peak (~ 460 cm^{-1}) for kaolin does not exists in the synthesis products shifts from 456 to 459 cm^{-1} due to the incorporation of alumina tetrahedron into the zeolite framework.

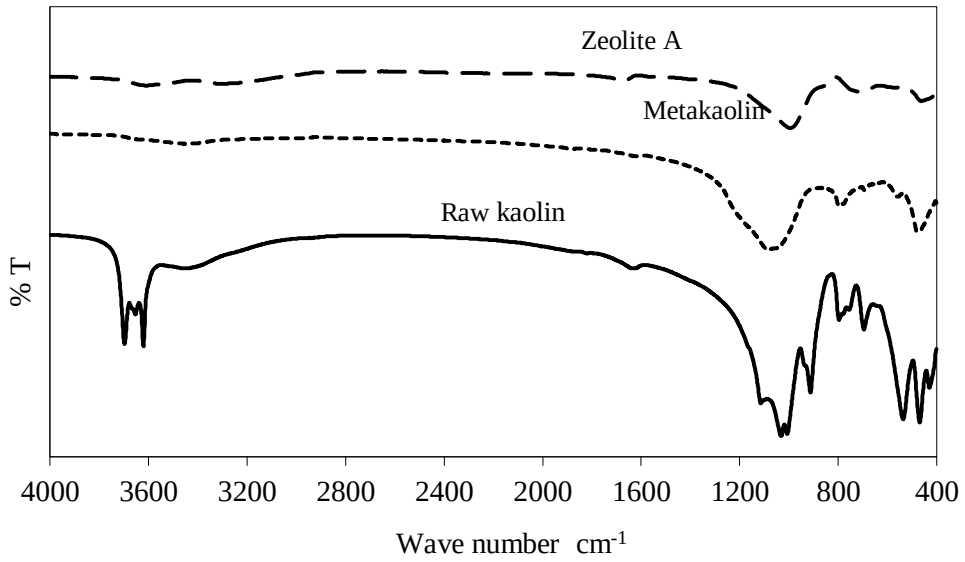


Figure 2. IR spectra: Raw kaolin, Metakaolin, and Synthesis product zeolite A.

SEM micrograph also supports the result from the XRD –analysis. The synthesis of zeolites via alkaline fusion followed by hydrothermal treatment reveals that the alkaline fusion process promoted the dry reaction between the mineral phases present in the raw materials and the alkaline activator, and the alkaline fused product corresponds to amorphous sodium aluminosilicate (SEM images), indicating that fusion was very effective in extracting the silicon and aluminium species from kaolin. SEM images of the morphology of the as-synthesized zeolytic products obtained after activation of the starting materials are exhibited in Figure 3. The SEM micrographs showed the formation of zeolite A crystal of cubic shape with rounded edge growing with time. As the aging time increases, the number of nuclei increases against crystal growth. As more nuclei are present, the reagent mass is distributed among more crystals, resulting in smaller crystals on average (Zhou et al., 2014:112).

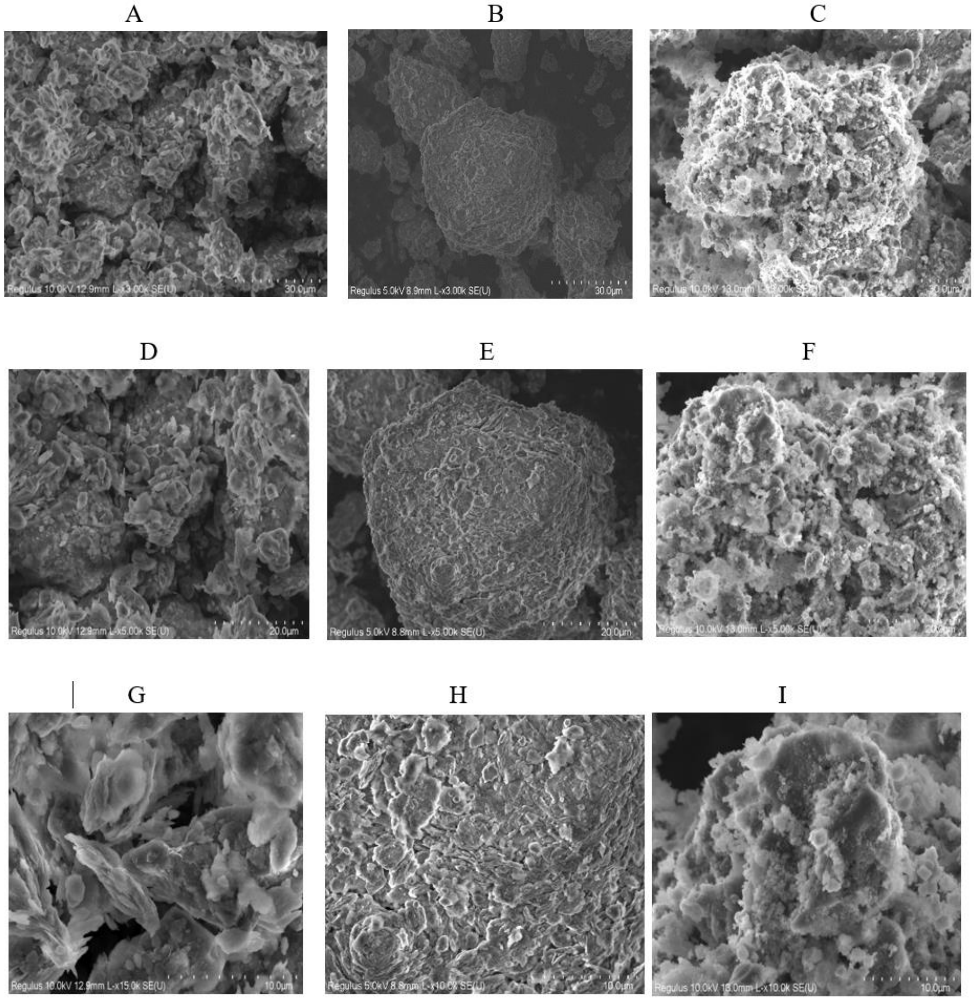


Figure 3. SEM microphotograph: (A, D,G) Kaolin, (B,E,H) Calcined kaolin (metakaolin), and (C,F,I) Synthesis product (zeolite A). Scale bar =30 μm, 20 μm, 10 μm.

4. CONCLUSIONS

In this work, kaolin from Turkey is suitable as raw materials for the synthesis of pure zeolite A in the system of SiO_2-Al_2O_3-Na_2O-H_2O using NaOH as activating agent and an alkaline fusion step followed by hydrothermal treatment. By fusion with NaOH powder, mineral phases in the starting materials can be completely changed into a Na aluminosilicate. The synthesis method introducing an alkaline fusion step

prior to the hydrothermal treatment produced crystalline zeolites after short times of crystallization. The synthesis of zeolite A with high crystallinity, cubic crystal of zeolite A with rounded edge and Si/Al =1. The morphology of zeolite was regular and uniform shape. The results obtained in this study prove that further studies should be carried out under well-optimized experimental conditions to successfully prepare highly crystalline zeolites. Overall, taking green chemistry requirements into account, zeolites prepared from natural clays are promising materials for the use in the detergents industry, as catalysts for petrochemical reactions, removal of many environmental pollutants and the purification of industrial wastewater.

REFERENCES

Askari, S., Alipour, S.M., Halladj, R., Farahani, M.H.D.A., (2013), Effects of Ultrasound on the Synthesis of Zeolites: a Review, Journal of Porous Materials, 20, pp285-302.

Barrer RM. (1982) Hydrothermal Chemistry of Zeolites. London, New York: Academic Press; pp360.

Belver, C.; Vicente, M.A. (2006) Easy Synthesis of K–F Zeolite from Kaolin, and Characterization of This Zeolite. Journal of Chemical Education, 83, pp1541–1542.

Belver, C.; Banares Munoz, M.A., (2002) Vicente, M.A. Chemical activation of a kaolinite under acid and alkaline conditions. Chemical Material, 14, pp2033–2043.

Bergaya F, Lagaly G., (2006) Chapter 1: General introduction: Clays, clay minerals, and clay science. In: Developments in Clay Science. Netherlands: Elsevier B.V. pp. 1-18.

Breck, D.W. (1974) Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use. First edition, New York: John Wiley. pp339-344.

Chandrasekhar S, Pramada PN. (2008) Microwave assisted synthesis of zeolite A from metakaolin. Microporous and Mesoporous Materials.,108(1-3), pp152-161.

Cundy, C.S., Plaisted, R.J., Zhao, J.P. (1998). Remarkable synergy between microwave heating and the addition of seed crystals in zeolite synthesis - a suggestion verified. Chemical Communications (14), pp1465-1466.

Dong,W.; Li,W.; Yu, K.; Krishna, K.; Song, L.;Wang, X.;Wang, Z.; Coppens, M.O.; Feng, S. (2003) Synthesis of silica nanotubes from kaolin clay. Chemical Communications, pp1302–1303.

Epping, J.D., Chmelka, B.F., (2006). Nucleation and growth of zeolites and inorganic mesoporous solids: Molecular insights from magnetic resonance spectroscopy. Current Opinion in Colloid & Interface Science 11 (2- 3), pp81–117.

Fernandez-Jimenez, A., Palomo, A., Criado, M. (2005). Microstructure development of alkali-activated fly ash cement: a descriptive model. Cement and Concrete Research 35 (6), pp1204-1209.

Granizo ML, Blanco-Varela MT, Palomo A.,(2000). Influence of the starting kaolin on alkali-activated materials based on metakaolin. Study of the reaction parameters by isothermal conduction calorimetry. Journal of Materials Science. 35(24), pp 6309-6315.

Itani, L., Liu, Y., Zhang, W., Bozhilov, K.N., Delmotte, L., Valtchev, V., (2009). Investigation of the physicochemical changes preceding zeolite nucleation in a sodium-rich aluminosilicate gel. Journal of the American Chemical Society 131 (29), pp10127-10139.

Kondru, A.K., Kumar, P., Teng, T.T., Chand, S., Wasewar, K.L. (2011). Synthesis and characterization of Na-Y zeolite from coal fly ash and its effectiveness in removal of dye from aqueous solution by wet peroxide oxidation. Archives of Environmental Science, 5, pp46-54.

Kovo, A.S.,(2014). Effect of temperature on the synthesis of zeolite X from Ahoko Nigerian kaolin using novel metakaolinization Technique. Chemical Engineering Communications, 199(6), pp786-797.

Mohiuddin E, Isa YM, Mdleleni MM, Sincadu N, Key D, Tshabalala T. (2016) Synthesis of ZSM-5 from impure and beneficiated Grahamstown kaolin: Effect of kaolinite content, crystallisation temperatures and time. Applied Clay Science., 119, pp213-221.

Murat M, Amokrane A, Bastide J, Montanaro L., (1992) Synthesis of zeolites from thermally activated kaolinite. Some observations on nucleation and growth. Clay Minerals. 27(1), pp119-130.

Ojha, K., Pradhan, N.C., Samanta, A.N., (2004). Zeolite from fly ash: synthesis and characterization. Bulletin of Material Science, 27 (6), pp555–564.

Shi, J. Anderson, M.W., Carr, S.W. (1996). Direct observation of zeolite A synthesis by in situ solid-state NMR. Chemistry of Materials 8(2), pp369-375.

Smaihi, M., Barida, O., Valtchev, V. (2003). Investigation of the Crystallization Stages of LTA-Type Zeolite by Complementary Characterization Techniques. European Journal of Inorganic Chemistry, 24, pp4370-4377.

Udhoji J.S., Bansiwal A.K., Meshram S.U. and Rayalu S.S., (2005). Improvement in optical brightness of fly ash based zeolite-A for use as detergent builder, Journal of Scientific and Industrial Research, 64, pp367-371.

Xu, H.Y.;Wu, L.C.; Shi, T.N.; Liu,W.C.; Qi, S.Y., (2014) Adsorption of acid fuchsin onto LTA-type zeolite derived from fly ash. Science China Technological Sciences, 57, pp1127–1134.

Zhao, H., Deng, Y., Harsh, J.B., Flury, M., Boyle, J.S., (2004). Alteration of kaolinite to cancrinite and sodalite by simulated Hanford tank waste and its impact on cesium retention. Clays and Clay Minerals 52 (1), pp1–13.

Zhou, Z., Jin, G., Liu, H., Wu, J., Mei, J., (2014) Crystallization Mechanism of Zeolite A From Coal Kaolin Using a Two-Step Method, Applied Clay Science, 97-98, pp110-114.

YÜKSEK ISIYA DAYANIKLI SERAMİK YENİ ÜRÜNLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Doç. Dr. Gencay SARIIŞIK
Harran Üniversitesi

İnş. Müh. Ronay KIZILELMA
Kılıçlar İthal Mutfak Gereçleri San. ve Tic. Ltd. Şti.

ÖZET: Teknolojideki gelişmelere paralel olarak seramik ürünler, başta inşaat alanı olmak üzere mutfak ürünlerinde ve dekorasyon gibi birçok alanda kullanılmaktadır. İnorganik malzemelerin bileşiminden oluşan seramiğin elde edilmesi birtakım kompleks süreçleri bünyesinde barındırmaktadır. Seramik ürünleri elde edebilmek için doğadaki uygun hammaddelerin (feldspat, kuvars, kil vb.) birtakım aşamadan geçirilmesi gerekmektedir. Söz konusu aşamalar en genel ifadeyle seramik çamurunun elde edilmesinden şekillendirilmesine ve nihayetinde ısıtma-soğutma işlemlerini kapsamaktadır. Ancak bilindiği üzere seramikten üretilen ürünlerin yüksek ısıya dayanıklılığı düşüktür. Bu çalışmada yüksek ısıya dayanıklı olmayan ürünlerin yüksek ısıya dayanıklı forma dönüştürülmesi için üretim süreçlerinde gerekli iyileştirme çalışmaları yapılması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında; mevcut ürün bünyesi ve mevcut sıra ait karakterizasyon testleri ve bünye reçete geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Bu geliştirme sürecinde mevcut bünye ve sıra ait; XRF (x-ışınları flüoresansı), XRD (x-ışınları difraksiyonu), dilatometre ve ısı mikroskobu analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda, daha kaliteli ve yüksek ısıya dayanıklı seramik yeni ürünlerin geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Seramik, yüksek ısıya dayanıklılık, karakterizasyon testleri, yeni ürün geliştirme

Developing New High Temperature Resistant Ceramic Products

ABSTRACT: Parallel to the developments in technology, ceramic products are used in many fields like kitchen products and decoration mainly in the field of construction. Obtaining ceramics, which consists of composition of inorganic materials, requires a number of complex processes. To obtain ceramic products, suitable raw materials in the nature (i.e. feldspar, quartz, clay, etc.) must be passed through a number of processes, which, in general terms, involve the formation of ceramic sludge, shaping it, and finally, heating-cooling processes. However, as it is already known, ceramic products have low

resistance to high temperatures. In this study, the purpose was to make necessary improvement studies in production processes to convert products that are not resistant to high temperature into high temperature resistant form. In the scope of the present study, product structure and sequence of characterization tests and prescription development works that exist in our present day were carried out. In this development process, the XRF (x-ray fluorescence), XRD (x-ray diffraction), dilatometer and heat microscope analyses were carried out for the existing structure. As a result of the study, new ceramic products that have higher quality and high temperature resistance were developed.

Keywords: Ceramic, high temperature resistance, characterization tests, new product development

1. GİRİŞ

Seramik, bir veya birden fazla metalin, metal olmayanlarla birleşmesi, sinterlenmesi sonucu meydana gelen inorganik bileşik olarak bilinmektedir. Seramikten oluşan ürünler bilindiği üzere yüksek ısıya dayanıklı değildir. Fakat seramiğin kullanıldığı bazı noktalarda yüksek ısıya dayanıklılık gerekliliği söz konusudur. Yüksek ısıya dayanıklı yeni ürünlerin tasarlanması ve oluşturulması öncelikle hâlihazırda kullanılan seramik ve sırının incelenmesi ayrıca üretim sürecinde sorunların giderilmesi için yapılan gözlemler son derece önemlidir.

Sır, seramik ürünlerin yüzeylerini kaplayan ürüne teknik estetik ve hijyenik özellik veren cam veya camsı tabakadır (Köktürk 2002:20). Seramik sırları farklı sıcaklıklarda yapılan pişirimlere göre kaplandığı malzemeye mekanik dayanım, geçirgensizlik, elektriksel yalıtkanlık ve asitlere/bazlara dayanım gibi özellikler sağlamaktadır (Kartal 1998: 102; Kartal and Gürtekin 2002; Sariisik et al. 2011: 3694; Sarıışık et al. 2013: 150; Capatína et al. 2012: 16). Sır karışımının erime davranışları sırın bileşimine, pişme sıcaklığına ve tane büyüklüğüne bağlıdır. Sır bileşiminde B_2O_3, K_2O, Na_2O, ZnO ve PbO gibi oksitlerin bulunması sırın erime davranışını olumlu yönde etkilerken SiO_2, Al_2O_3 gibi oksitler sırın erime sıcaklığını olumsuz yönde etkilenmektedir. B_2O_3, K_2O, Na_2O, ZnO ve PbO gibi oksitler eritici oksit olarak bilinmektedir. Bu eritici oksit maddeleri sıra katıldığında sırın erime sıcaklığını düşürürler (Karakaya 2007: 230; Kaya ve Acartürk 2013:225; Köseoğlu ve Bayçam 2008:729; Köseoğlu, ve Bayça 2009:305). Borik asit ilavesinin seramik karoda mukavemeti arttırdığı ve vitrifikasyon sıcaklığını düşürerek pişme süresini düşürmektedir (Çetin 2005:82).

Feldspatların ve alkalili hammaddelerin ergime derecelerinin büyük önemi olup karo bünyelerinde diğer birlikte bulundukları hammaddeleri de etkileyerek

pişme ve ergime derecesinin düşmesini sağlamaktadırlar (Kayacı et al.2008:208; Dondi et al. 2002:1795; Celik 2015:108). Bu nedenle sırda ve bünyede sinterleme ile pişme küçülmesi meydana gelmektedir. Sinterleme sıcaklığının artması sonucunda tanelerin birbirine yaklaşması ve por boyutlarının küçülmesi daha fazla gerçekleşmektedir. Buna bağlı olarak sinterleme sıcaklığının artışı ile ortaya çıkan camsı fazın etkisiyle porozite ve su emme değeri azalmakta, yoğunluğu artmaktadır.

Günümüzde genel itibariyle kullanılmakta olan mutfak gereçleri alüminyum, çelik, teflon ve teflon içeren seramik ve granit tabanlı ürünler sağlığa zararlı kimyasallar içermektedir. Bu ürünler yüksek ısıya dayanıklıdır ve ısıyla birlikte zararlı madde ve gazlar yemek ve içeceklerle karışarak düşük doğum tartılı bebekler, kolesterol yüksekliği, tiroit hormon seviyelerinde değişiklikler, karaciğer enflamasyonu, kanser ve bağışıklılık sistemi zayıflığına sebep olmaktadır. Mevcut seramik mutfak gereçleri ise yüksek ısıya dayanıklı olmadığı için özellikle yemek pişirmede kullanılmamaktadırlar. Bakır ve toprak mutfak gereçlerinin kullanımı ve temizliği zor olduğu için tercih edilmemektedir.

Bu çalışmanın amacı yapılan incelemeler ve gözlemler neticesinde kullanılmakta olan seramik bünye, sır ve üretim sürecinde var olan sorun ve aksaklıklar da giderilerek yüksek ısıya dayanıklı ürünlerin geliştirilmektir. Bu kapsamda mevcut ürün bünyesine ait karakterizasyon, mevcut ürün sırına ait karakterizasyon, bünye reçete geliştirme çalışmaları yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Malzeme

Sır reçetesi hazırlama aşamasında reçetenin içine girecek hammaddelerinin özelliklerine göre sır reçetesi çıkartılır. Hammaddelerin tartımı Sartorius marka, ±0,01 g hassasiyetindeki terazide gerçekleştikten sonra su ilavesi yapılmıştır. Öğütme işlemi için bilyeli jet değirmeni kullanılmış olup sulu öğütme yapılmıştır. Süzme işlemi için 100 mesh elek kullanılmıştır. Sırın akış süresi viskozimetre ile yapılmıştır. Sırın katı-su oranı ile litre ağırlığı alınmıştır. Bir süre sırın çökmesi beklenmiş ve fazla suyu alınarak sır, sırlamaya hazır hale getirilmiştir. Sırla ilgili gerekli kontroller yapıldıktan sonra sırlama işlemi daldırma yöntemi ile bünye üzerine uygulanmıştır. Opak ve şeffaf sır reçetesi bileşenleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.Uygulanan sır reçeteleri

Sır Reçetesi	Opak Sır (%)	Şeffaf Sır (%)
Opak	39,08	-
Transparan	16,75	43,13
Flaks	1,12	1,44
Groleg	2,79	3,59
Magnezyum	0,07	0,09
Su	40,20	51,75

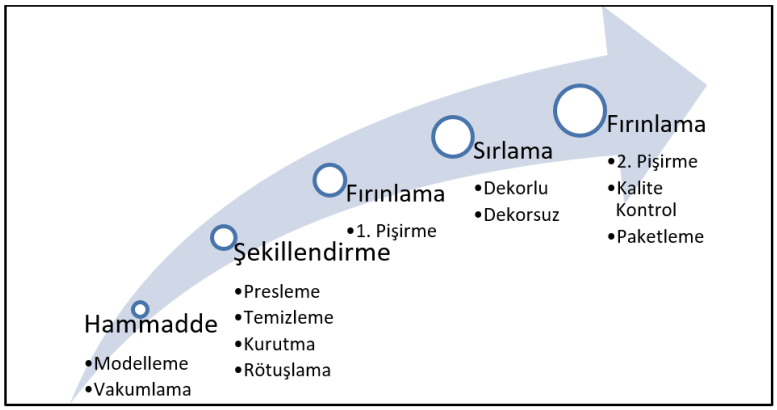
Seramik mutfak gereçleri üretiminde kullanılan bünye hammadde görünümü Şekil 1'de verilmiştir. Analizleri yapılacak bünye hammadde 1.5 saat deneme fırınında kurutulmuştur. Sıvı haldeki sır karışımları öncelikle kurutulup, bilyeli değirmende öğütülmüştür (Şekil 2).

Şekil 1. Seramik mutfak gereçleri bünyesi

Şekil 2. Analizi yapılacak bünye ve sir numuneleri

2.2. Seramik mutfak gereçleri üretimi

Seramik mutfak gereçleri üretimi akım şeması Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Seramik mutfak gereçleri imalatı akım şeması

Modelhanede istenen ürünün model kalıpları hazırlanır. Bünye çamur vakum şekillendirme bölümünde vakumlanarak havası alınarak, prese gönderilir. Preslerde şekillendirilen ürün temizleme yapılarak, kurutulur. Kurutulan ürünler hataları düzeltilmesi, fazlalıklarının alınabilmesi için ürünler rötuşlama bölümüne gönderilir. Rötuşlanan ürünler birinci pişirim için kamara tip elektrikli fırına gönderilir. Birinci pişirime uğrayan ürünler fırından alınıp sırlama bölümüne gönderilir. Eğer ürün dekorluysa sırlama bölümünden önce dekorlama bölümüne gönderilip dekorlandıktan sonra sırlamaya gönderilir. Sırlamada ürünler daldırma metoduyla sırlanır. Sırlanan ürünler ikinci pişirim için tünel fırına gönderilir. İkinci pişirime uğrayan ürünler çıktıktan sonra paletlerde bekletilip soğuduktan sonra kalite kontrolleri yapılarak, paketlenir. Seramik mutfak gereçlerin sır öncesi ve sonrası görünümü Şekil 4'de verilmiştir.

Şekil 4. Seramik mutfak gereçlerin sır öncesi ve sonrası görünümü

Ürünlerin ısıl işlem için fırın hacmi 1 m^3 olan kamara tipi fırında 1050 °C 'de pişirilmektedir. Ürünler fırın içerisine yerleştirildikten sonra, fırın sıcaklığı 45 dk 150 ºC yükseltilmiş, bu sıcaklıkta 30 dakika beklenildikten sonra, 60 dk 150 ºC yükseltilmiş, 90 dk bekeldikden sonra, 180 dk'da 1055 ºC sıcaklığı ulaşılmış, 60 dk bekletilerek, soğumaya bırakılmaktadır.

2.3. Bünye ve sırların test ve analizleri

Bünye, opak sır ve şeffaf sır numunelerinin kantitatif ve yarı kantitatif mineralojik analizleri XRF (x-ışınları flüoresansı), XRD (x-ışınları difraksiyonu), dilatometre ve ısı mikroskobu ve tane boyut dağılımı analizleri Eskişehir Seramik Araştırma Merkezine yaptırılmıştır.

XRD (X-Işınları Difraksiyonu) yöntemi ile katıların kristal yapılarını incelemekte ve içeriğindeki fazlar tespit edilmiştir. X-ışını saçılım teknikleri, numuneyi tahrip etmemiştir ve incelenen numunenin özelliklerini değiştirmemiştir. Kaba haldeki numune tungsten karbür kobalt (WC-Co) halkalı öğütücü ile ~63µm altına gelecek şekilde öğütülmüştür. Daha sonra numune ~105±5ºC etüvde 4 saat kurutulmak üzere bekletilmiştir. Numuneler uygun metoda göre hazırlanıp Rigaku marka Miniflex 600 model XRD cihazı ile ölçüme alınıp standart tarama aralığında (2Θ=5º-70º) ölçümü yapılmıştır.

Dilatometre ölçümünde, malzemenin ısı karşısında gösterdiği boyut değişimine bakılmıştır. Termal genleşme değerleri genelde doğrusal genleşme katsayısı (α) cinsinden verilmiştir. Pişmiş numune, ~25-50 mm uzunluğunda ve ~5 mm genişliğinde, ~5 mm kalınlığında ölçüm boyutuna getirilmiştir. ~100 ºC±5 sıcaklığında etüvde numune tamamen kuru oluncaya kadar tutulmuştur (iki tartım arasındaki fark ~%0.1 oluncaya kadar etüvde bekletilmiştir). Numune oda sıcaklığında bekletilerek kararlı hale gelmesi sağlanmıştır. Numuneler için ısıtma hızı 10ºC/dk ile 700ºC'ye kadar olan standart bir pişme periyodu uygulanmıştır.

Isı mikroskobu ile ergime davranışı analizleri Numunenin ergime davranışı ölçüm sonrasında grafik üzerinde ve animasyon görüntüleri ile ayrı ayrı incelenmiş, ergime davranışı ve karakteristik sıcaklık noktaları (sinterleme, yumuşama, tam küre, yarı küre ve akma sıcaklığı) belirlenmiştir. Numunelerin ergime davranışları Misura ODHT HSM 1600-80 marka ısı mikroskobuyla belirlenmiştir. Numune toz halde olduğundan doğrudan şekillendirme işlemine geçilmiştir. Numune hazırlama aparatıyla yaklaşık 2 mm çap ve 3 mm yükseklik ebatlarında preslenen silindirik numuneler alümina altlık üzerinde cihaza yerleştirilip analizleri yapılmıştır.

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

3.1. XRF (X-Işınları Flüorensansı) analizi

Birinci pişirim sonrası sırlanan ürünler ikinci pişirim için tünel tip fırınlara gönderilmektedir. İkinci pişirimin amacı sırın pişmesi ve seramik ile sırın birbiriyle kenetlenmesidir. Yapılan incelemeler neticesinde ikinci pişirimden çıkan ürünlerde kavlama ve sır çatlaklarının meydana geldiği gözlenmiştir. Daha sonra kullanılmakta olan seramik bünyeye, opak sıra ve şeffaf sıra XRF yarı kantitatif analizi yapılmıştır. XRF analizi sonucu aşağıda verilen Tablo 2.'de belirtilmektedir.

Tablo 2. XRF analiz sonuçları

Kimyasal Analiz (%)	**Numune Adı**		
	Bünye	**Opak**	**Şeffaf**
Na_2O	0.57	5.76	5.28
MgO	2.12	0.26	0.4
SiO_2	63.37	60.87	64.59
Al_2O_3	20.92	10.51	14.28
P_2O_5	-	-	0.13
SO_3	1.46	-	0.12
K_2O	1.74	2.18	3.56
CaO	7.14	7.75	9.98
TiO_2	0.75	0.15	0.17
ZrO_2	-	8.88	0.49
Fe_2O_3	1.26	0.22	0.31
ZnO	-	3.2	0.62
HfO_2	-	0.14	-
A.Z.	0.69	0.08	0.07

Bünyede SiO_2 % 63.37, Al_2O_3 % 20.92, CaO % 7.14 oranında olduğu tespit edilmiştir. Bünye numunesinde alkali oksit oranı (Na_2O, K_2O, TiO_2) % 3.06 olarak belirlenmiştir. Ayrıca az miktarda da olsa Fe_2O_3 % 1.26 oranında bulunmaktadır. MgO oranı da %2.12 olarak tespit edilmiştir.

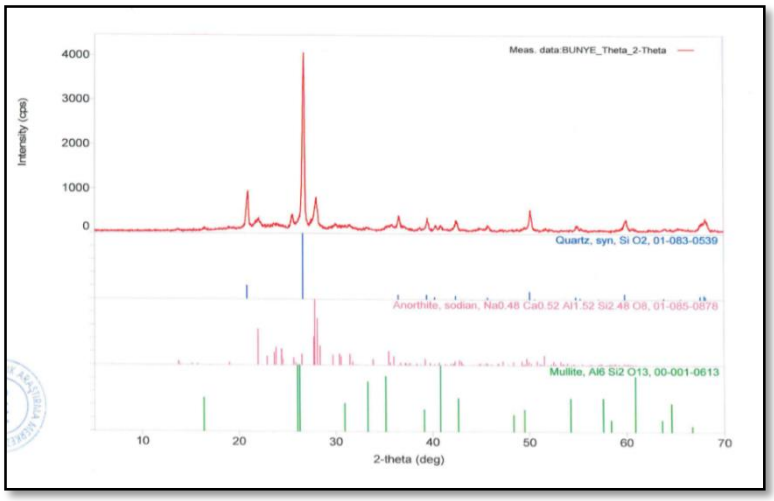
Opak sırda SiO2 % 60.87, Al_2O_3 % 10.51, CaO % 7.75 oranlarında olduğu tespit edilmiştir. Opak sır numunesinde alkali oksit oranı (Na_2O, K_2O, TiO_2) % 8.09 olarak belirlenmiştir. Ayrıca az miktarda da olsa Fe_2O_3 % 0.22 oranında bulunmaktadır. MgO oranı da %0.26 olarak tespit edilmiştir. Opak sırda %8.88 oranında ZrO2 ve %3.20 oranında da ZnO bulunmaktadır.

Şeffaf sırda SiO_2 % 64.59, Al_2O_3 % 14.28, CaO % 9.98 oranlarında olduğu tespit edilmiştir. Şeffaf sır numunesinde alkali oksit oranı (Na_2O, K_2O, TiO_2) % 9.01 olarak belirlenmiştir. Ayrıca az miktarda da olsa Fe_2O_3 % 0.31 oranında bulunmaktadır. MgO oranı da % 0.4 olarak tespit edilmiştir. Şeffaf sırda % 0.49 oranında ZrO_2 ve % 0.62 oranında da ZnO bulunmaktadır.

Analiz sonuçlarında bünye numunesinde alkali oksit oranı % 3.06 olarak, opak sır numunesinde alkali oksit oranı % 8.09 olarak belirlenmiştir. Şeffaf sır numunesinde alkali oksit oranı ise % 9.01 olarak belirlenmiştir. Özetle opak sır ve şeffaf sır numunelerinde alkali oksit oranı % 8 ile % 9 arasında olurken bünyede bu oran % 3.06 olarak oldukça düşük bir seviyededir. Alkali oksit oranı bünyede düşük olduğu için sır ile bünyenin birbirine kenetlenmesi ve bağlanması noktasında daha zayıf bir şekilde gelişmektedir. Bünye ile sırın arasındaki bağın daha kuvvetli olabilmesi için ve kaplama yapılan sırın özelikle kimyasal malzemelere, sıcaklığa ve darbeye maruz kaldığında sır çatlakları ve sır kavlamalarının azaltılabilmesi için bu oranları birbirleriyle dengeli olması gerekmektedir.

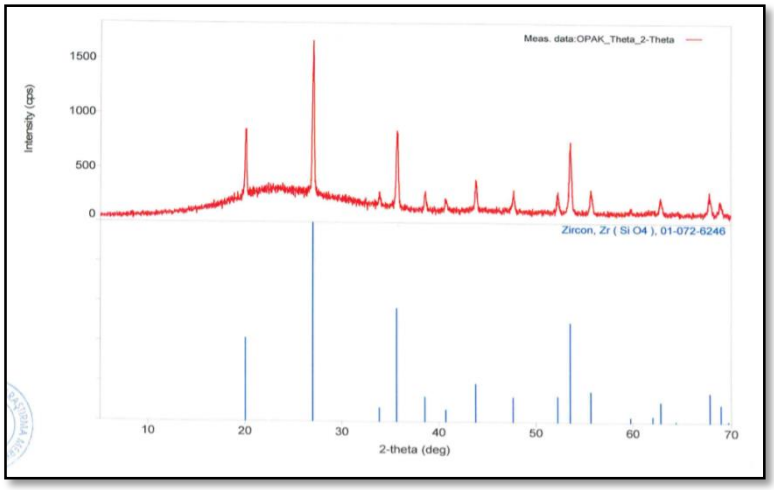
3.2. XRD (X-Işınları Difraksiyonu) analizi

Seramik bünyesine, opak sıra ve şeffaf sıra kantitatif ve yarı kantitatif mineralojik analizleri XRD (X-Işınları Difraksiyonu) yöntemiyle yapılmıştır. Bünyenin, opak ve şeffaf sırın XRD mineralojik sonuçlarına yer verilmiştir (Şekil 5-7).



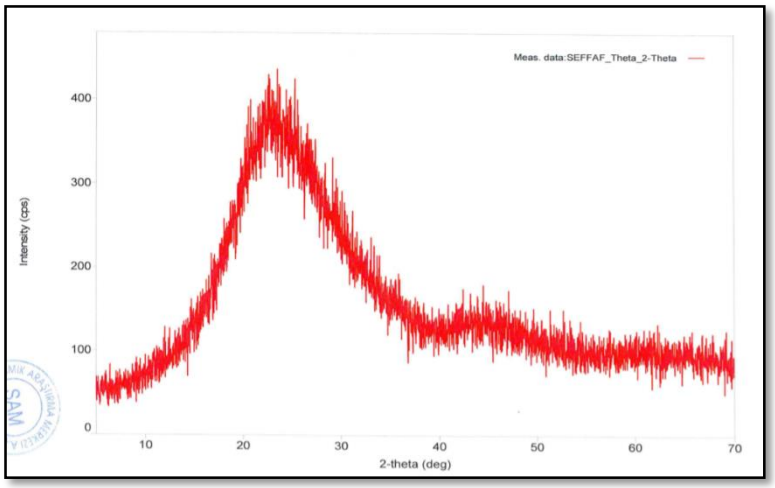
Şekil 5. Bünyenin XRD mineralojik analiz sonuçları

Bünyenin XRD (X-Işınları Difraksiyonu) mineralojik analizleri sonucunda, 20º ile 30º arası (2Θ=20º-30º) incelendiğinde yüksek bir pik görülmektedir. Buna göre bünye, opak, şeffaf kodlu numunelerin XRD (X-Işınları Difraksiyonu) yöntemi ile mineralojik analiz sonuçları aşağıda verilmiştir. Buna göre kuvars (SiO_2), anortit, sodian, mullite ($Al_6Si_2O_{13}$) mineralleri tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 6. Opak sırın XRD mineralojik analiz sonuçları

Opak sırın XRD (X-Işınları Difraksiyonu) mineralojik analizleri sonucunda, 20º ile 30º arası (2Θ=20º-30º) incelendiğinde $ZrSiO_4$ minerali tespit edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 7. Şeffaf sırın XRD mineralojik analiz sonuçları

Şeffaf sır XRD analiz sonuçlarında görüldüğü gibi 20º ile 30º arası (2Θ=20º-30º)'da kuvars mineralinin yüksek bir pik oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 7).

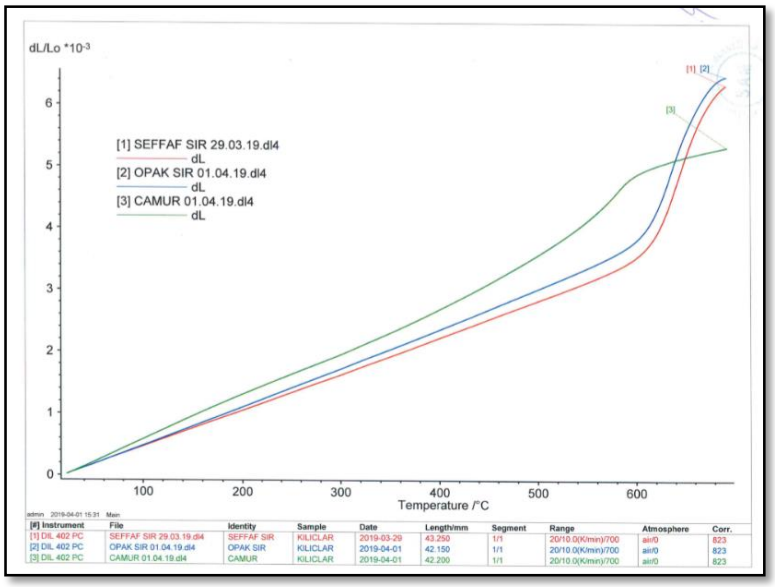
3.3. Dilatometre analizi

Dilatometre ile termal genleşme davranışı analiz sonuçlarına aşağıda yer verilmiştir. Termal genleşme değerleri genelde doğrusal genleşme katsayısı (α) cinsinden verilmiştir. ~50ºC-650ºC arasında 50ºC'de bir boyutsal değişim ve genleşme katsayıları verileri aşağıdaki Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Bünye, şeffaf sır ve opak sıra ait dilatometre analiz sonuçları

Numune	$\alpha 300x10^{-7}$	$\alpha 400x10^{-7}$	$\alpha 500x10^{-7}$
BÜNYE	69.7	70.7	74.4
ŞEFFAF SIR	57.8	58.4	58.8
OPAK SIR	61.3	62	62.8

Bünye, opak sır ve şeffaf sırrın dilatometre ile termal genleşme davranışı analizi sonucu dilatometre eğrileri Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Bünye, opak sır, şeffaf sır dilatometre eğrileri

Bünye ile sırın arasında bağlanma sağlanmasında en önemli faktörlerden biri de sır ile bünyenin ısıl genleşme katsayılarının birbiri ile uyumlu olmasıdır. Bu amaçla çamur, opak sır ve şeffaf sır numuneleri üzerinde oda sıcaklığı ile 700ºC arasında ısıl genleşme davranışı ölçülmüştür. Dilatometre verilerine bakıldığında şeffaf sır ve opak sır lineer genleşme katsayıları birbirlerine yakınken bünyenin lineer genleşme katsayısının daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

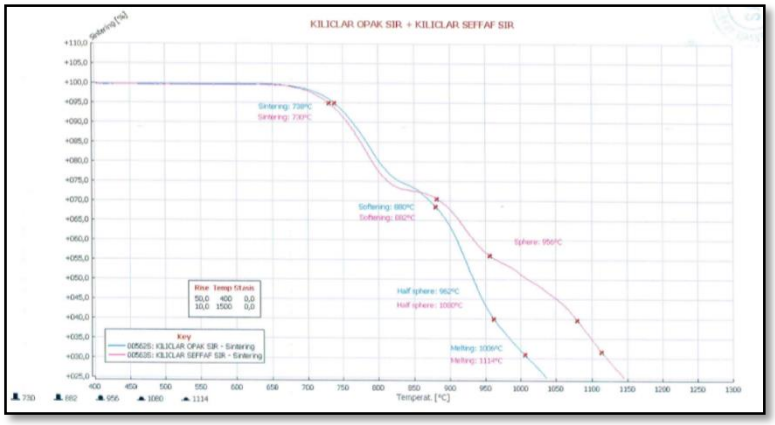
3.4. Isı mikroskobu ile ergime davranışı analizi

Opak sır ve şeffaf sıra ait ısı mikroskobu ile yapılan ergime davranışı analizi sonucu Tablo 4'de sunulmuştur.

Tablo 4. Opak sır ve şeffaf sır numunelerine ait ergime davranışı analiz sonuçları

NUMUNE	Sinterleme Sıcaklığı (ºC)	Yumuşama Sıcaklığı (ºC)	Tam Küre Sıcaklığı (ºC)	Yarı Küre Sıcaklığı (ºC)	Akma Sıcaklığı (ºC)
Opak sır	738	880	--	962	1006
Şeffaf sır	730	882	956	1080	1114

Opak sıra ait ısı mikroskobu ile yapılan ergime davranışı analizi sonuçları incelendiğinde opak sır örneğinin sinterlenme sıcaklığının 738º, yumuşama sıcaklığı 880º, yarım küre sıcaklığı 962º, ergime sıcaklığı 1006º olarak tespit edilmiştir. Şeffaf sır incelendiğinde ise şeffaf sır örneğinin sinterlenme sıcaklığının 730º, yumuşama sıcaklığı 882º, küre sıcaklığı 956º, yarım küre sıcaklığı 1080º, ergime sıcaklığı 1114º olarak tespit edilmiştir. Isı mikroskobu ile yapılan ergime davranışı analizi sonucu opak sır ve şeffaf sır ısı mikroskobu eğrileri Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Opak sır ve şeffaf sır ısı mikroskobu eğrileri

Mevcut durum analizinde gerek opak sırda gerekse şeffaf sır uygulamalarında fırın rejimi maksimum 1050º alınarak sırlama yapılmaktadır. Isı mikroskobu ile eğime davranışı analizlerinde anlaşılacağı gibi bu sıcaklığın opak sırlarda sinterleme sıcaklığının ve yumuşama sıcaklığının 738º-880º arasında olduğu için gerek kamaralı fırında gerekse tünel fırınlardaki sıcaklık kayıpları da dikkate alınarak ve uygulama

sıcaklığını 150º düşürerek yaklaşık 900º'de uygulanması gerekmektedir. Tekrar ısı mikroskobu ile ergime davranışı analizlerinde anlaşılacağı gibi bu sıcaklığın şeffaf sırlarda sinterleme sıcaklığının ve yumuşama sıcaklığının 730º-882º arasında olduğu için gerek kamaralı fırında gerekse tünel fırınlardaki sıcaklık kayıpları da dikkate alınarak ve uygulama sıcaklığını 150º düşürerek yaklaşık 900º'de uygulanması gerekmektedir.

4. SONUÇ

Yapılan analizler incelenmiş mevcut durumda var olan bünye ve sırda sorunlara neden olan noktalar saptanmıştır. XRF analizi incelendiğinde, sır ve bünye arasındaki alkali oksit oranının uyumlu olmadığı ürünlerde oluşan kavlamanın bu uyumsuzluktan kaynaklandığı saptanmıştır. Dilatometre analiz sonuçları irdelendiğinde, bünye lineer genleşme katsayısının düşük olduğu görülmüştür. Dilatometre analiz verilerinde sır ile bünye arasındaki uyumsuzluk saptanmıştır. Isı mikroskobu ile ergime davranışı analiz verileri irdelendiğinde kullanılan sırların sinterleme sıcaklıkları 730-738 ºC ve yumuşama sıcaklıkları 880-882 ºC'dir. Buna göre ürünlerin birinci ve ikinci pişirim için uygulanmakta olan 1050 ºC sıcaklığı 150 ºC düşürülerek, yaklaşık 900º'de uygulanması gerekmektedir. Ayrıca bünye içerisindeki alkali oksit oranını % 3.06'dan artırabilmek için kil minerallerine ilaveten kaolin, wollastonit, mermer tozu ve öğütülmüş bisküvi kırığı konularak yeni bir bünye çalışması önerilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya katkılarından dolayı Kılıçlar İthal Mutfak Gereçleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Capatína, C., Simonescu, C. M., & Florea, G. (2012) Glazes From Wastes Obtaining. Metalurgia International, 17(1), 16.

Çetin, S. (2005) The usage of frit content of basaltic tuff on ceramic wall and floor tiles glazes, investigation of its chemical and psychical properties, M.Sc. Thesis, Ç.U., Adana, Turkey, pp.82.

Celik, H. (2015). Recycling of boron waste to develop ceramic wall tile in Turkey. Transactions of the Indian Ceramic Society, 74(2), 108-116.

Dondi, M., Biasini, V., Guarini, G., Raimondo, M., Argnani, A., Di Primio, S. (2002) The influence of magnesium silicates on technological behaviour of porcelain stoneware tiles. Key Engineering Materials, Vol. 206, 1795-1798.

Karakaya, M. (2007) Seramik hammaddelerinin mineralojisi, kimyasi ve tüflerin değerlendirilmesi. IV. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri (SERES'07). Bildiriler Kitabı, 230-240.

Kartal, A. (1998) Glaze and ceramic technique. Çizgi Pres, pp. 102.

Kartal, A. and Gürtekin, H. (2002) Effects of various boron raw materials on melting of glaze. In 1st Boron symposium proceedings.

Kaya, Ş., & Acartürk, B. (2013) Agrega katkılı seramik bünye özelliklerinin araştırılması. Sakarya University Journal of Science, 17(2), 225-229.

Kayacı, K., Küçüker,A.S., Köstebekçi, N., Uzun, M., Kara, A. (2008) Mermer Kesim ve Frit Atıklarının Porselen Karo Bünyelerinde Beraber Kullanımı. VII. Uluslararası Katılımlı Seramik Kongresi, pp. 208-219.

Köktürk, U. (2002) Endüstriyel Hammaddeler. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, pp. 20-30.

Köseoğlu, K., & Bayça, S. U. (2008) Kolemanit ve üleksit konsantratör atığı katkısı ile daha düşük sicaklıkta mavi renkli sır üretimi, VII. Uluslararası Katılımlı Seramik Kongresi, 729-737.

Köseoğlu, K., & Bayça, S. U. (2009) Atık Kuru Pillerdeki Grafitin Seramik Plastik Çamuruna Katkısı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 15(3), 305-308.

Sariisik, A., Sariisik, G., & Şentürk, A. (2011) Applications of glaze and decor on dimensioned andesites used in construction sector. Construction and Building Materials, 25(9), 3694-3702.

Sarıışık, G., Sarıışık, A., & Gökay, M. K. (2013) Investigation the glazability of dimension andesites with glaze coating materials containing boron minerals in construction sector. Materials and structures, 46(9), 1507-1517.

VOLKANİK KAYAÇLARIN SERAMİK FIRIN RAF PLAKASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Gencay SARIIŞIK
Harran Üniversitesi

ÖZET: Ülkemizin birçok bölgede bulunan volkanik kayaçların farklı endüstriyel alanlarda kullanımı için yeterli hacme sahip olması çalışmanın önemini artırmaktadır. Seramik sektöründe seramik ve porselen fırınlarına malzeme dizmek için kordierit fırın raf plakaları kullanılmaktadır. Özellikle seramik, vitrifiye, porselen ve teknik seramik malzemelerin pişirildiği fırınlarda taşıyıcı raf olarak kullanılan plakalar, 1230 ºC sıcaklığa kadar dayanıklıdır. Bu çalışmada volkanik kayaçlarının değerlendirilmesi ve seramik fırın rafı olarak katma değeri yüksek ürün haline dönüştürülmesi araştırılmıştır. Bu çalışmada, volkanik kayaçların kimyasal, mineralojik ve petrografik, fiziksel ve mekanik özellikler, XRD, SEM, Dilatometre, DTA-TG, Isı Mikroskobu, analizleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre volkanik kayaç örnekleri plajiyoklas, olivin, piroksen, opak minerallerinden oluşmaktadır. Isı mikroskobu ölçümlerine göre maksimum seviyede sinterleşmenin gerçekleştiği sıcaklık 1138 ºC'dir. Yapılan testlerin sonuçlarına göre seramik fırın raf plakası olarak doğal bazalt plakalarının endüstriyel kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Volkanik kayaç, seramik, fırın raf plakası, karakterizasyon testleri, yeni ürün geliştirme

Investigation of the Usability of Volcanic Rocks as Ceramic Kiln Shelf Plate

ABSTRACT: The fact that the volcanic rocks that exist in many regions of our country have adequate volume for using in different industrial areas increases the importance of the study. Cordierite kiln shelf plates are used currently to arrange materials in ceramic and porcelain kilns in ceramics industry. The plates, which are used as carrier shelves especially in kilns where ceramic, vitreous, porcelain and technical ceramic materials are baked, are resistant to temperatures up to 1230ºC. In the present study, the possibility of using volcanic rocks of convert them into high value-added products as ceramic kiln shelves was investigated in particular. In this study, the chemical, mineralogical and petrographic, physical and mechanical properties of the volcanic rocks

were determined together with XRD, SEM, Dilatometer, DTA-TG, Heat Microscopic, analyses. According to the analyses results, volcanic rock samples consist of plagioclase, olivine, pyroxene, and opaque minerals. According to the heat microscope measurements, the maximum temperature at which sintering occurs is 1138ºC. According to the results of the tests, industrial availability of natural volcanic rock plates was determined to be used as ceramic kiln shelf plates.

Keywords: Volcanic rock, ceramic, kiln shelf plate, characterization tests, new product development

1. GİRİŞ

Doğal taşlar oluşumlarına göre metamorfik kökenli doğal taşlar (mermer, şist, gnays vb.), sedimanter kökenli doğal taşlar (kireçtaşı, traverten, oniks vb.) ve magmatik kökenli (granit, siyenit, gabro, trakit, bazalt, andezit, tüfler) olarak sınıflandırılabilir. Bazaltlar, magmatik kökenli kayaçların bir alt grubu olan volkanik kayaçlar grubunda yer almaktadır (Şentürk et al. 1996:20; Kulaksız, 2007:55).

Türkiye'de Diyarbakır, Elazığ, Gaziantep, Kastamonu, Kahramanmaraş, Sivas, Çorlu, Şanlıurfa, Manisa, Afyon, Kütahya ve Ankara-Kızılcahamam bölgesinde Volkanik kayaç yayılımları bulunmaktadır. Ülkemizin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Karacadağ bazaltı yaklaşık olarak 80 metre kalınlığındaki 10000 km^2'lik bir alanda kuzey-güney yönlü olarak yayılma gösterip, Diyarbakır-Şanlıurfa ovasında bazalt lavları, yarıçapı 130-140 km olan bir daire şeklinde yayılmıştır (Erkan 1995:44).

Bazalt, kimyasal olarak yaklaşık %50 SiO_2 içeren bir doğal volkanik kayaçtır. Bazaltların büyük çoğunluğu por-firik dokuludur. Yer kabuğundaki çatlaklar, yarıklar ya da volkan bacaları aracılığı ile yeryüzüne çıkan magmatik bir kayaç olan bazalt; koyu gri-siyah renkli, ince taneli, sert, mukavemetli ve özellikle alkalilere karşı yüksek kimyasal dirençlidir. Volkancamı içeriği fazla olan bazaltlar kristalli dokulu bazaltlara kıyasla daha siyah veya koyu kahverengi bir renge ve taze kırılmış yüzeylerinde mat bir görünüme sahiptir. Bu özellikleri ile yapı malzemesi üretiminde ve karayollarında dolgu malzemesi olarak kullanılabilirken, aşınmaya ve korozyona dirençli polimerik esaslı kompozit malzeme üretiminde, mineral yünü üretiminde, ses ve ısı yalıtımında da kullanılabilmektedir (Erkan 2006:35; Beall and Rittler 1976:579; Yilmaz 1996:477; Znidarsic and Kolar 1991:2490; Karamanov el at. 2009:595).

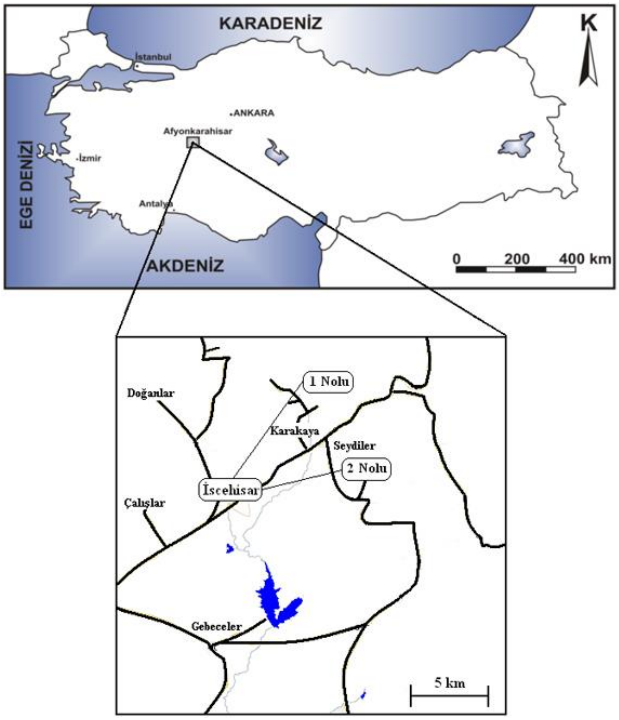
Seramik ve porselen fırınlarına malzeme dizmek için Kordierit Müllit ve silisyum karbür (SiC) fırın rafları kullanılmaktadır. MgO-Al_2O_3-SiO_2 sisteminde kordiyerit ve mullitin birlikte oluşturduğu alanda yer alan malzemeler; izolasyon malzemeleri üretiminde ilgi çeken, yüksek termal şok dayanımı ve elverişli mekanik mukavemete sahip malzemelerdir (Khalil et al. 2008: 57). Silisyum karbür ağır porselen seramiklerin üretildiği seramik fırınlarında destek, raf, rulo gibi malzemelerin üretiminde kullanılır. Oksidasyon direnci zayıf olup maksimum kullanım sıcaklığı 1600 - 1650 °C dir. Silisyum karbür taşıyıcı destek plakaları seramik ve porselen fırınlarında 1350 °C sıcaklığa kadar kullanılmaktadır.

Önceki çalışmalarda, volkanik kayacın jeolojik, petrografik, tektonik ve fiziko-mekanik özellikleri incelenmiştir (Uz 2001:43; Karakuş 1999; Yıldız et al. 2008:617; Ercan 1991:122; Hassan 2001:172; Al-Harthi et al 1999:313; Franzone 1980; Tugrul and Gurpinar 1997:139;Houston and Smith 1997:19; Korkanç and Tuğrul 2005:505; Balme et al. 2004:159; Gümüşçü ve Turgut 2012:25). Ancak, literatürde bazaltlarının seramik fırın raf plakası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması yönelik çalışmaların mevcut olmadığı belirlenmiştir. Bu çalışmada, volkanik kayaçların seramik fırın rafı olarak kullanımının belirlenebilmesi amacıyla, bölgeden numuneler temin edilerek temel malzeme karakterizasyonu yapılarak, kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. ARAŞTIRMA MALZEMESİ VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Arazi Çalışmaları

İnceleme alanı Afyonkarahisar/İscehisar sınırları içerisinde kalan bir alanı kapsamaktadır. Bu çalışmada volkanik kayaç örneği olarak seçilen andezit örnekleri Afyonkarahisar-İscehisar yöresinde Kanatoğlu Firmasının (2 Nolu lokasyon) ocaklarından temin edilmiştir. Bu ocakların Afyon şehir merkezine göre konumları Şekil 1'de verilen yerbulduru haritasında gösterilmektedir.



Şekil 1. Afyonkarahisar-İscehisar yöresinde volkanik kayaç ocaklarının lokasyonları

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışmada Afyon-İscehisar'da faaliyet gösteren Kanatoğlu Firmasının ocaklarında, teknik inceleme sonrası belirlenen bloklar tesise getirilmiştir. Deneylerde kullanılacak örnekler getirilen bloklardan elde edilmiştir. Volkanik kayaçların ısıl işlem öncesi ve sonrası fiziko mekanik özellikleri ve çevre etkileşim özellikleri belirlenmesi için gerekli olan örnekler dairesel testereli blok kesme makinesinde kesildikten sonra yan kesme ve mini baş kesme makinelerinde 70x70x70 mm, ve 30x50x180 mm boyutlarında hazırlanmıştır (Şekil 2).

Şekil 2. Deney için hazırlanan örneklerin görünümü (a), REF-SAN marka elektrikli kamara tipi fırın (b)

Volkanik kayaç örneklerinin ısıl işlem için fırın hacmi 0,5 m3 olan REF-SAN marka elektrikli kamara tipi fırında 1000 °C, 1055 °C ve 1160 °C'de pişirilmiştir. Bu fırına andezit örneklerin yerleştirilmesinden sonra; fırın iç sıcaklığı 3 saatte (180 dak.) 573 ºC yükseltilmiştir. Daha sonra, fırın sıcaklığı bu seviyede sabit tutularak 30 dakika beklenildikten sonra fırın sıcaklığı 150 dk'da 1000 ºC sıcaklığa, 180 dk'da 1055 ºC sıcaklığa ve 210 dk'da 1160 ºC sıcaklığa yükseltilmiştir. Örnekler 1000 ºC sıcaklığanda fırın içerisinde 60 dk, 1055 ºC sıcaklığında 30 dk, 1160 ºC sıcaklığında 15 dk bekletilmiştir. Fırın elektriği kapatılıp, örnekler 17 saat (1020 dak.) bekletilmiş, fırın soğuduktan sonra kapısı açılmıştır.

Volkanik kayaçların ısıl işlem öncesi ve sonrası mineralojik ve petrografik özelliklerden X ışınları difraksiyonu (XRD) analizi, taramalı elektron mikroskobu (SEM), jeokimyasal özellikler, fiziksel ve mekanik özellikler, aletli (enstrümantal)

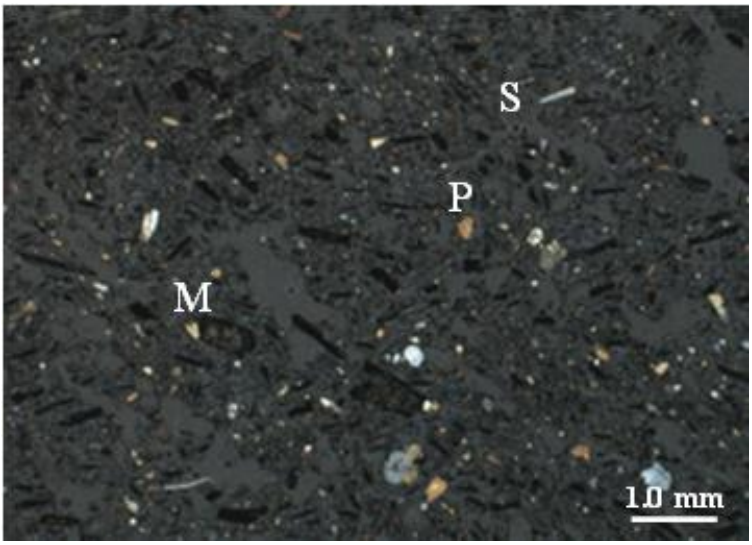
analizlerden ısı mikroskobu ve optik dilatometre analizi, diferansiyel termal analiz-termal gravimetri (DTA-TG) analizi, dilatometre (Lineer Isıl Genleşme Katsayısı Tayini) analizi yapılmıştır.

Volkanik kayaç örneklerinin ısıl işlem öncesi ve sonrası fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için TS EN 1936 standardına göre; özgül ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, porozite, doluluk oranı, TS EN 13755 göre su emme testleri; TS EN 1926'ya göre tek eksenli basınç dayanımı; TS EN 12371'e göre don sonrası tek eksenli basınç dayanımı ve TS EN 14579'a göre ultrasonik hız deneyleri 70x70x70 mm boyutunda her bir deney için 6 adet örnek kullanılarak yapılmıştır. Eğilme dayanımı deneyleri TS EN 13161 standardına göre 30x50x180 mm boyutunda 6 adet örnek kullanılarak yapılmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

3.1. Mineralojik-Petrografik Özelliklerin Tespiti

Volkanik kayaç örneklerinin mineralojik ve petrografik analizleri Maden Tetkik Arama (MTA) Mineralojik-Petrografik Analizi Laboratuarında yapılmıştır. Buna göreB örneği ise "Vesiküler Piroksenli Andezit" olarak tanımlanmıştır. Çalışmada B andezit örneklerinin mineralojik özellikleri incelenerek mineral bileşimi Şekil 3'de ince kesitlerde verilmiştir.



Şekil 3. B andezit örneğinin ince kesit görünümü (Tek Nikol, X5)

B andezit örneği, porfirik dokulu olup, akma dokusu da göstermektedir. Genellikle ince, yer yer de orta tanelidir. Plajiyoklazlar, yarı-özşekilli ve çubuksu-prizmatik formlardadır. Biyotitler, yarı-özşekillidir. Piroksenler ve olivinler öz, yarı-özşekillidir.

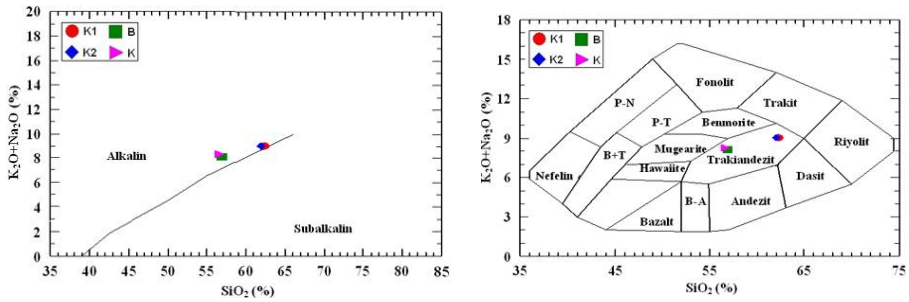
3.2. Örneklerin Jeokimyasal Özellikleri

Volkanik kayaç bileşiminde yer alan oksitler; SiO_2, Al_2O_3, MgO, Fe_2O_3, TiO_2, MnO, CaO, Na_2O, K_2O, P_2O_5, Cr_2O_3'tir. Çizelge 1'de volkanik kayaçlardan alınan örneklerin kimyasal bileşimleri görülmektedir.

Çizelge 1. İnceleme alanındaki volkanik kayaç örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları

Örnek	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na_2O (%)	K_2O (%)	TiO_2 (%)	P_2O_5 (%)	MnO (%)
B	56,90	14,84	5,65	3,83	6,17	2,59	5,55	1,24	0,93	0,09

Volkanik kayaç örneklerine ait analiz değerleri SiO_2-(K_2O+Na_2O) diyagramları uygulanmış ve adlandırmaları yapılmıştır (Şekil 4).

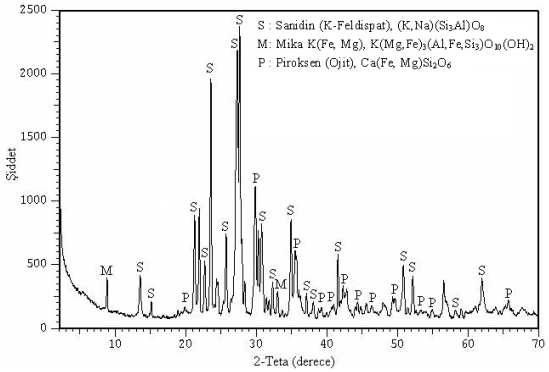


Şekil 4. Volkanik kayaçların SiO_2-(K_2O+Na_2O) diyagramı (Cox et al. 1979:435; Irvine et al. 1971: 523)

Bu diyagramlara göre yapılan adlandırmada kayaçların trakit-trakiandezit geçişli olduğu, ağırlıklı olarak da trakiandezit bileşiminde olduğu belirlenmiştir. Örneklerde SiO_2'e karşı alkali oksitlerin değişimini, dolayısı ile alkali, subalkali ayrımını belirlemek için kullanılan SiO_2-(Na_2O+K_2O) diyagramıdır.

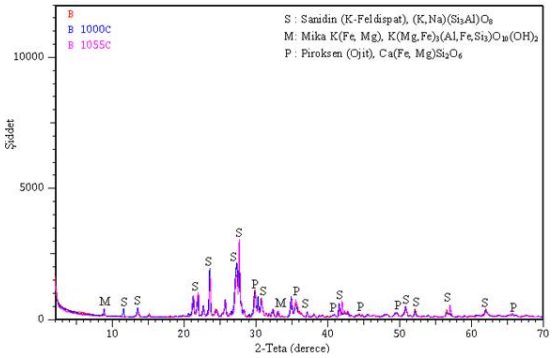
3.3. X Işınları Difraksiyonu (XRD) analizinin belirlenmesi

Andezitlerin XRD difraksiyonu analizleri yapılarak Şekil 5'de mineralojik bileşimleri verilmiştir.



Şekil 5. B andezit örneğinin XRD difraksiyonu

B andezit örneklerinde XRD difraksiyonu analizi sonucunda, 2θ=20º ile 40º arası incelendiğinde yüksek şiddetli birçok pik görülmektedir. Buna göre B andezit örneklerinde sanidin [(K-feldspat), (K, Na) (Si3Al)O_8] minerali, 2θ=8º-35º arası incelendiğinde ise mika [K(Mg,Fe), K(Mg,Fe)$_3$(Al,Fe,Si$_3$)O_{10}(OH)$_2$] ve 2θ=20º-70º şiddet aralığında piroksen [(Ojit), Ca(Fe, Mg)Si_2O_8] minerali tespit edilmiştir. XRD difraksiyonu analiz sonuçlarına göre B andezit örneğinde sanidin, mika ve piroksen bulunmaktadır. Andezit örneklerinin 1000 °C ve 1055 °C'de ısıl işlem sonrası XRD analizi sonuçları Şekil 6'da verilmiştir. B andezit örneklerinin 1000 ºC ve 1055 ºC'de ısıl işlem görmüş ve orijinal örneklerin de XRD analizleri karşılaştırıldığında mineralojik olarak faz yapısında çok fazla değişiklik meydana gelmediği tespit edilmiştir. Eritici özelliğine etki eden faktörler arasında silika içeriği, bünye bileşimi ve daha önemli olarak toplam alkali içeriği ile Na_2O, K_2O ve LiO_2 gibi alkali oksitlerdir.

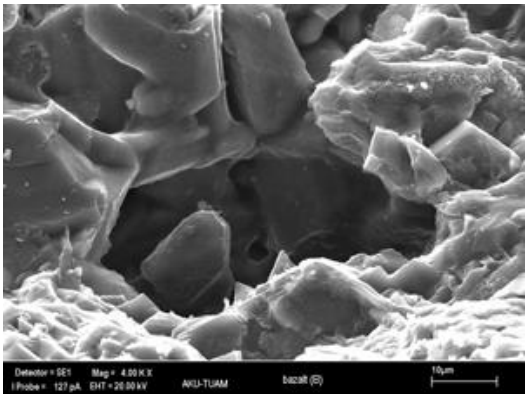


Şekil 6. B andezit örneğinin ısıl işlem öncesi ve sonrası XRD paterni

Özellikle 2θ=20º ile 30º arası incelendiğinde B normal örnekte sanidin mineraline ait piklerin şiddeti orta seviyelerde iken, 1000 ºC ısıl işlem sonrası görülen piklerin şiddetinin arttığı, 1055 ºC'de görülen yüksek şiddetli sanidin mineraline ait piklerin tamamen şiddetini azaldığı tespit edilmiştir.

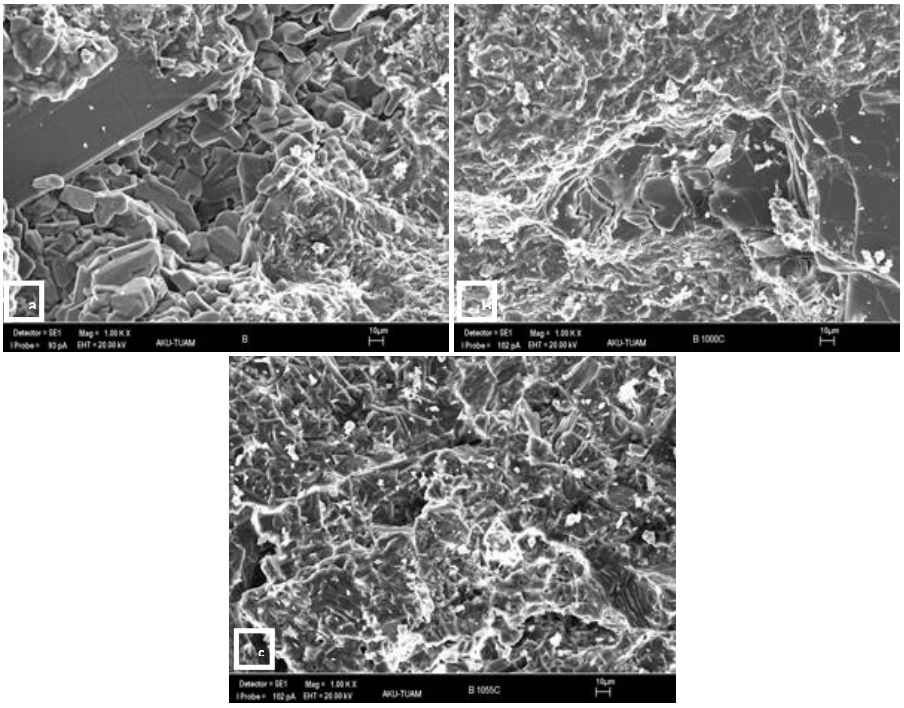
3.4. SEM (Taramalı Elektron Mikroskop) ve Enerji Saçınımlı X-Işını Spektroskopi Tekniği (EDX) analizinin belirlenmesi

Andezit örneklerinin mikro yapısını detaylı olarak gösteren SEM fotoğrafları Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. B andezitinin kırık yüzey SEM görüntüleri

B andezit örneklerinin SEM fotoğraflarından da görüldüğü gibi tanecikler arasında çok az bir kütlesel bağ mevcuttur ve taneler arasında büyük boşluklar bütün bir yapı içerisinde açıkça görülmektedir. Örneklerin porozite çaplarının kırık yüzey SEM fotoğraflarına göre B andezit örneğinde ise 20-100 µm değiştiği ve bu gözeneklerin genelde birbiriyle kesişmediği görülmektedir. Normal fotoğraf görüntülerine bakıldığında porların (boşlukların) çok daha heterojen bir dağılıma sahip olduğu ve por (boşluk) çapının B andezit örneğinde 0,5-2,0'ye kadar çıktığı görülmektedir. Andezit örneklerinde, 20 – 2000 µm çapında değişen gözenek yapısına sahip olduğu söylenebilir. Volkanik kayaçların ısıl işlem sonrası yapılan SEM (Taramalı Elektron Mikroskop) analiz sonuçları Şekil 8'de verilmiştir.

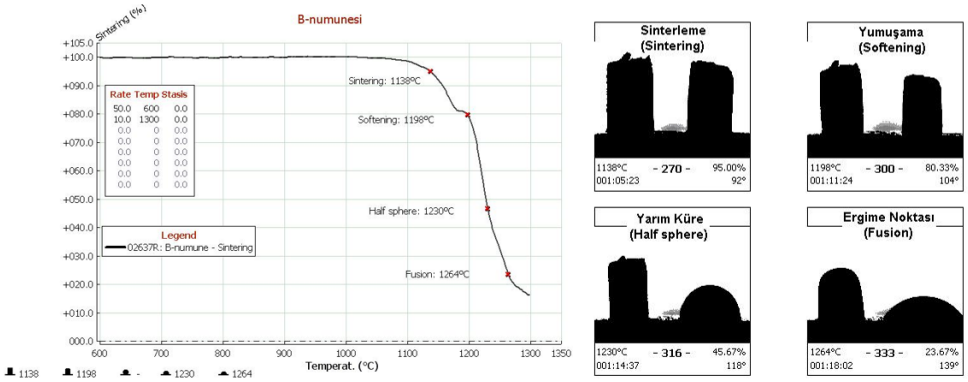


Şekil 8. Isıl işlem öncesi (a) ve ısıl işlem sonrası 1000 ºC (b), 1050 ºC (c) kırık yüzey SEM görüntüleri

B andezit örneklerinin ısıl işlem öncesi yapılan karakteristik özellikleri, ısıl işlem sonrası (1000 ºC ve 1055 ºC) yapılan özellikler ile karşılaştırılmıştır. B andezit örneklerinin 1000 ºC ve 1055 ºC'de 6 saat ısıl işlem gördükten sonra SEM görüntüleri ile mikro yapıları incelenmiştir. 1000 ºC'de taneler arası bağın kısmen arttığı fakat yine özellikle büyük tane sınırlarının boşluklarla çevrildiği ve porozite miktarında normal haline (ısıl işlem öncesi) göre bir miktar azaldığı görülmektedir. Ayrıca 1000 ºC'de bünyedeki mevcut alkalilerin etkisi ile bir silikat ergiyerek camsı faz oluşturmaya başlamıştır. 1055 ºC'de ise sıvı faz miktarının artmasıyla sinterleşmenin arttığı, taneler arası boşlukların (porozite) azaldığı görülmekte bu sebeple mukavemeti de artmaktadır.

3.5. Isı Mikroskobu ve Optik Dilatometre Analizi

B andezit örneğinin ısı mikroskobu sonuçları Şekil 9'da verilmiştir.

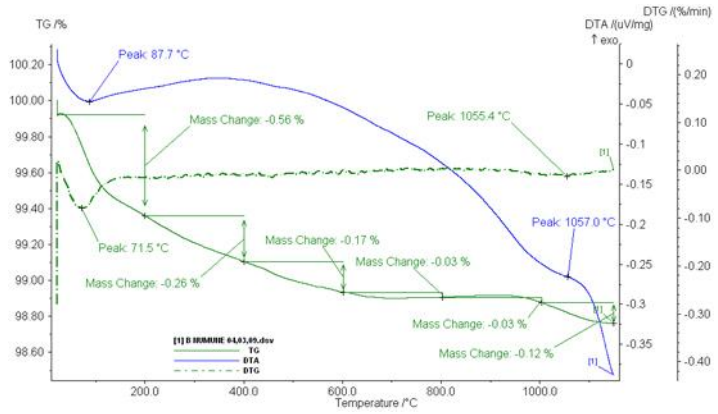


Şekil 9. B andezit örneğinin ısı mikroskop eğrisi ve ısı mikroskobu görüntüsü

B andezit örneğinin sinterleme sıcaklığı 1138 ºC, yumuşama sıcaklığı 1198 ºC, yarım küre sıcaklığı 1230 ºC ve ergime sıcaklığı 1264 ºC'dir.

3.6. Diferansiyel Termal Analiz-Termal Gravimetri (DTA-TG) Analizi

B andezitinin DTA-TG analiz sonuçları Şekil 10'da verilmiştir. B andezit örneğinin 0–200 ºC arasında %0,56, 200–400 ºC arasında %0,26, 400–600 ºC arasında %0,17, 600–1200 ºC arasında ise %0,18 kütle kaybına ve toplamda ise %1,17 kütle kaybına uğradığı görülmektedir.

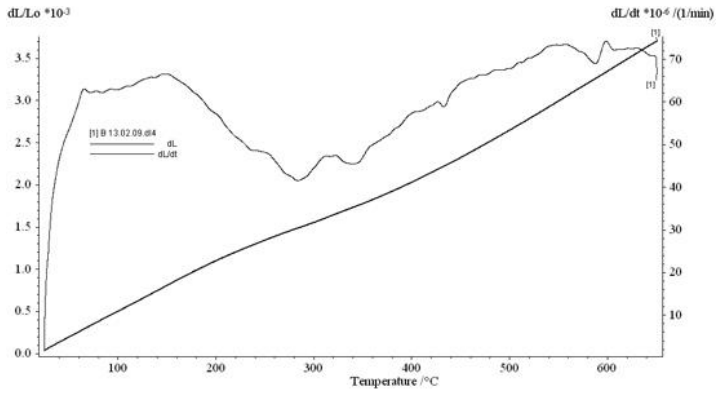


Şekil 10. B andezitin DTA-TG eğrisi

B andezit örneğinde DTA eğrisinde önemli 2 pik tespit edilmiştir. Bu pikler 87,7 ºC de bir endotermik pik, 1057 ºC aralığında ekzotermik vermektedir. B andezit örneğindeki mevcut kimyasal bağlı su 229 ºC'de uzaklaşmıştır. 758 ºC'de en yüksek derecede düşük yoğunluklu ekzotermik reaksiyon göstermektedir. Bu durum camsı kalıntı evresinin ikinci evresinin kristalleştirilmesine bağlanabilir. 1055 ºC sıcaklığındaki endotermik pik ise ergime noktasını göstermektedir. 1200 ºC de ise maksimum dereceye ulaşmaktadır. Esasen bu kütle kayıplarının andezitlerin bünyesindeki nemin ve ayrıca cüzi miktarda da olsa emprüte olarak yapıda bulunabilecek uçucu organik maddelerin ısı etkisiyle bünyeden uzaklaştırılması sonucu meydana geldiği söylenebilir.

3.7. Dilatometre (Lineer Isıl Genleşme Katsayısı Tayini) Analizi

Volkanik kayaç örneklerinde 0–1000ºC aralığında Dilatometre analizi ise LINSEIS L-75/1000 model cihazıyla Seramik Araştırma Merkezinde (SAM) yapılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. B andezitine ait dilatometre eğrisi

Bu analizde volkanik kayaçların sıcaklık karşısında bünyesinde meydana gelen boyutsal değişimlerin (genleşme ve büzülme) ölçümleri yapılmıştır. Isıl işlem öncesi normal andezit örnekler üzerinde, oda sıcaklığı ile 700 ºC arasında ısıl genleşme davranışı ölçülmüştür. B andezit örneğinin dilatometrik eğrisine bakıldığında 460 ºC'ye ulaşıldığında örnekde meydana gelen büzüşme oranı %0,36 olup, sıcaklık arttıkça büzülmenin lineer olarak arttığı ve 900 ºC ye gelindiğinde doğrusal büzüşme oranının %0,57 olduğu görülmektedir. Andezitin 400 ºC deki lineer genleşme katsayısı (α) $1{,}81 \times 10^{-6}$ (1/K)'dır.

3.8. Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Volkanik kayaç örneklerinin ısıl işlem öncesi ve sonrası fiziksel ve mekanik özelliklerinin Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Volkanik kayaçların ısıl işlem öncesi ve sonrası fiziksel ve mekanik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	Oda Sıcaklığı	1000 ºC	1055 ºC	1160 ºC
Özgül ağırlık (g/cm^3)	2,66	2,65	2,61	2,37
Porozite (%)	10,34	10,08	9,68	8,92
Su Emme (%)	4,90	4,80	4,68	4,53
Basınç Dayanımı (MPa)	46,24	59,21	68,47	74,98
Eğilme Dayanımı (MPa)	11,75	12,68	13,49	14,50
Çarpma Dayanımı (kPA)	9,98	10,75	11,38	12,21

Vitrifikasyon etkisi ile meydana gelen yoğunlaşma etkisi ile hacim ağırlığı, gözeneklilik (porozite) ve su emme değerlerinde azalma, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve çarpma dayanımı değerlerinde artma görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Volkanik kayaçların seramik fırın rafı olarak kullanımının belirlenebilmesi amacıyla, bölgeden numuneler temin edilerek temel malzeme karakterizasyonu yapılmış, seramik fırın rafı olarak kullanımı uygun görülmüştür. Her iki ürün arasında maliyet analizi yapıldığında volkanik kayaç plakası (36x72 cm) Kordierit Müllit plakadan 20 katı daha ucuz olduğu tespit edilmiştir.

Volkanik kayaçların endüstriyel plaka boyutunda fırınlarda deneme çalışmaları yapılarak, plaka boyutunda performansları ölçülerek, plaka kalınlıkları belirlenmelidir. Piyasadaki Kordierit Müllit ve silisyum karbür (SiC) fırın rafı plakalarının performans testleri yapılarak, bazalt plakalar ile karşılaştırılmalıdır. Ayrıca ön araştırmalarda Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Karacadağ bazaltların da Kordierit Müllit plakası olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Plaka boyutunda performans test çalışmaları devam etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK – 1001 Projesi (Proje No 108M027) tarafından desteklenmiştir. TÜBİTAK'a değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Al-Harthi, A.A., Al-Amri, R.M., Shehata, W.M. (1999) The Porosity and Engineering Properties of Vesicular Basalt in Saudi Arabia. Engineering Geology, 54, 313–320.

Balme, M. R., Rocchi, V., Jones, C., Sammonds, P. R., Meredith, P. G., Boon, S. (2004) Fracture Toughness Measurements on Igneous Rocks Using a High-Pressure, High Temperature Rock Fracture Mechanics Cell. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 132, 159-172.

Beall G.H., Rittler H.L. (1976) Basalt Glass-Ceramics, Am. Ceram. Soc. Bull. 55, 579–582.

Cox, K.G., Bell, J.D., Pankhurst, R.J (1979) The interpretation of igneous rocks. George, Allen ve Unvin, London, 435-439.

Ercan, T. (1991) Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Sayı: 6, 122s.

Erkan, Y. (1995) Magmatik Petrografi. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendislik Bölümü Raporu 44s. Ankara

Erkan, Y. (2006) Magmatik Petrografi, (5. Baskı), TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 93, Ankara, 35-45.

Franzone, J.G. (1980) Geology Geotechnical Properties and Vesicular Rock Classification of Lousetown Basalt And Lattices Truckee Area California, M.Sc. Thesis, Unpuplished University of Nevada.

Gümüşçü, M. ve Turgut, P. (2012) Karacadağ bazaltının fiziko-mekanik ve ısıl özellikleri. Doğa ve Fen Derg, 1(2), 25-29.

Hassan, M.Y. (2001) Basalt Rock as an Alternative Raw Material in Portland Cement Manufacture. Materials Letters, 50, 172–178.

Houston, E. C., Smith, J. V. (1997) Assessment of Rock Quality Variability due to Smectitic Alteration in Basalt Using X-Ray Diffraction Analysis, Engineering Geology 46, 19-32.

Irvine, T.N., Baragar, W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523–548.

Karakuş, A. (1999) Diyarbakır Yöresinde İşletilebilir Nitelikteki Mermerleri Kesilebilirlik Parametrelerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri

Karamanov A., Arrizza L., Ergul S. (2009) Sintered Material from Alkaline Basaltic Tuffs. Journal of the European Ceramic Society 29, 4, 595-601.

Khalil, N.M., Bakr, I.M. ve Othman, A.G.M. (2008) Physico-mechanical, refractory properties and microstructure of in-situ mullite-cordierite composites. Ceramic Monographs – Handbook of Ceramics, 57

Korkanç, M., Tuğrul, A. (2005) Evaluation of Selected Basalts from the Point of Alkali-Silica Reactivity. Cement and Concrete Research, 35, 505-512.

Kulaksız, S. (2007) Doğal Taş (Mermer) Maden İşletmeciliği ve İşleme Teknolojileri. Ankara, 55-60.

Şentürk, A., Gündüz L., Tosun Y.I., Sarıışık A. (1996) Mermer Teknolojisi. Tuğra Matbaa, Isparta, 10-20.

Tugrul, A., Gurpinar, O. (1997) A Proposed Weathering Classification for Basalt and Their Engineering Properties (Turkey). Bull. Int. Assoc. Eng. Geol., 55, 139-149.

Uz, B. (2001) Sert Mermer Grubuna Bir Örnek; Diyarbakır Karacadağ Bazaltlarının Mermer Açısından İncelenmesi. Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Afyon, 43-53.

Yilmaz S., Ozkan O.T., Gunay V. (1996) Crystallization Kinetics of Basalt Glass. Ceramic International 22, 477–481.

Yıldız, S., Işık, N., & Keleştemur, O. (2008). Diyarbakır-Karacadağ Bazalt Taşlarının Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Science and Eng. J of Fırat Univ, 20(4), 617-626.

Znidarsic V., Kolar D. (1991). The Crystallization of Diabase Glass. J. Mater. Sci. 26, 2490– 2494.

PERFORMING CLASSIFICATION FOR ANOMALY DETECTION IN SOFTWARE DEFINED NETWORKING

Hakan AKCAY
İstanbul Üniverisitesi

Derya YILTAS-KAPLAN
İstanbul Üniversitesi

ABSTRACT : Software Defined Networking (SDN) is an emerging approach as representing a new way to design and manage traditional networks. It separates the control and data planes of the network devices and provides the centralization of the controller. With the global view of the network, SDN has an opportunity to manage the network security more comprehensively. In this paper, a classification approach is briefly implemented for flow based anomaly detection in an SDN environment. Naïve Bayes is used as the classification algorithm and NSL-KDD dataset for training and testing. The traffic features chosen from the dataset are common for any SDN sample. The results are also analyzed with considering different size amounts of the test data.

Keywords : Anomaly Detection, Naive Bayes, Network Security, NSL-KDD, Software Defined Network

1. Introduction

In the Software Defined Networking (SDN) model, SDN separates the data and control planes unlike the traditional switches/routers and moves the control plane to a centralized software called SDN controller (Akcay & Yiltas-Kaplan, 2017). Network administrators can implement security policies from this single software, i.e. controller, and monitor their effects on the entire network. There are a lot of controller software developed by open source communities and some corporations such as Floodlight (Floodlight Official Web Site, 2019), Open Day Light (Open Day Light, 2019), NOX (NOX Controller, 2019). The controllers have reactive or proactive applications which perform various tasks. Some applications that are executed inside the SDN controller can program a switch to conduct as a firewall, intrusion detection system, load balancer, and layer 2 or layer 3 switches (Niyaz, Sun, & Javaid, 2017). A simple architectural view of SDN is represented in Fig. 1. The controller and network elements (switches) communicate via a protocol called OpenFlow

over a secure channel (TLS/SSL) or open channel and exchange messages with each other. The OpenFlow protocol is a new communication protocol interface defined between the control and data layers of the physical elements in the SDN architecture (Tang, McLernon, Zaidi, & Ghogho, 2016). OpenFlow examines and processes context of the flows to identify and manage the network traffic. A flow consists of some common properties such as duration, protocol, sent bytes, received bytes, etc. All switches have flow tables consisting of the matching fields, statistic counters, actions to take for traffic flows in the network (Niyaz, Sun, & Javaid, 2017). A controller has the ability to install flow rules into the flow tables with considering the network policies, optimization algorithms or the network applications. Flow rule management takes place in switches in two ways: reactive and proactive modes (Niyaz, Sun, & Javaid, 2017). In reactive mode, when a packet arrives to a switch, the switch looks up for a flow rule in the flow table to check if there is a flow match for the packet. If a rule exists for the packet, the switch takes an action such as packet forwarding, dropping or header modification according to the flow matching rule. If there is a table-miss, this means that there are no flow rules for an incoming packet. Because of that the switch tends to send a "*packet_in"* message to the controller. The controller examines the packet-in message and sends *appropriate flow_mod* messages to the switch to take action for future packets. In proactive mode, the controller presets and preinstalls the flow rules into the switches.

In this paper, we study and try to design a flow based anomaly detection system in SDN by using the Naïve Bayes classification algorithm. The next sections of this paper are organized as follows: In Section 2 we give a brief introduction to Network Intrusion and Anomaly Detection Systems. Section 3 describes the training and testing datasets used in this model. Section 4 shows the methodology and experimental results. Finally in Section 5, we specify our conclusions and plan to study some future work.

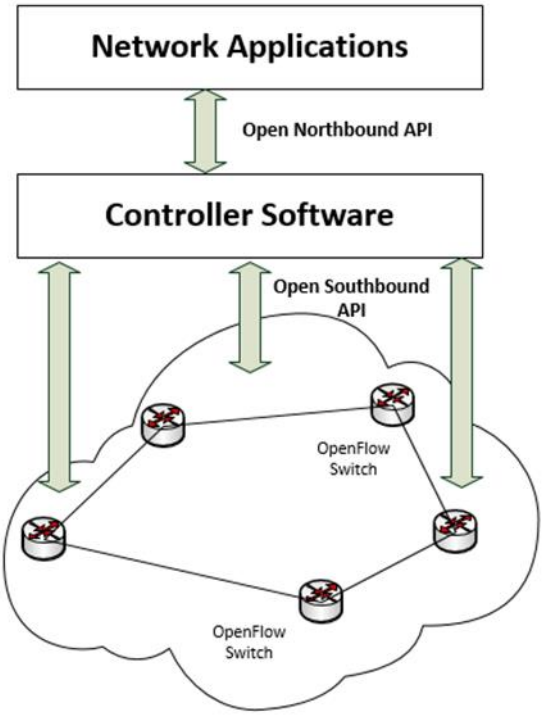


Fig. 1. SDN Architecture (Akcay & Yiltas-Kaplan, 2017).

2. Network Intrusion and Anomaly Detection Systems

Main goal of the Network Intrusion Detection Systems (NIDS) is to protect the network and network elements from malicious attacks (Tang, McLernon, Zaidi, & Ghogho, 2016). There are two types of popular NIDS, namely signature based and anomaly based. Signature based detection is also called misuse based detection in the literature (Aissa & Guerroumi, 2016).

The first type of NIDS, that is signature based, crosschecks new attack data with the data collected from the well-known attacks. These systems cannot recognize the new attacks (Tang, McLernon, Zaidi, & Ghogho, 2016). Still, they are very successful at the detection of the well-known attacks. The second type of NIDS, that is anomaly based, uses new data to process on the network and to compare user behaviors and calculates a standard deviation from the attack data by using machine learning approach. In anomaly based NIDS, flow based traffic monitoring is usually used and the information on the packet headers of flows is used to detect the attacks. So, the amount of the monitored data payload is less than the other payload-based NIDS (Tang, McLernon, Zaidi, & Ghogho, 2016). NIDS can consist of hardware or

software components. So, as a software, NIDS needs data mining processes which process and analyze the relevant traffic data by using machine learning techniques (Dhanabal & Shantharajah, 2015). When we think on the widely usage of the computer networks and the large amount of network applications, the security becomes extremely important (Tavallaee, Bagheri, & Ghorbani, 2009); (Revathi & Malathi, 2013).

Artificial Neural Networks and Support Vector Machines are also used widely in NIDS. Besides, some hybrid intelligent intrusion detection systems are also used. Well-known attacks are detected by signature based and other types of attacks are detected by using anomaly based systems (Singh, Kumar, & Singla, 2015). At this point, the data type and amount of the network traffic is very important, because to process a huge dataset and to learn the data slowly represents two main problems. The separation of the normal and anomalous behaviors is not clear and the decrease of the false positive rates is difficult (Singh, Kumar, & Singla, 2015). At this point, feature selection and removal of any redundant or recurrent data, and the non-useful features become more important. Also the selections of the good qualified features can increase the accuracy and decrease the false positive rates.

SDN is a new programmable and innovative paradigm as alternate to the traditional networks and has many features that propose to manage the entire network easily. This architecture represents the direction of the future networks. A traffic classification over SDN and the detection of attacks have a fundamental importance for other network activities such as availability, quality of service, and security monitoring (Parsaei, Sobouti, Khayami, & Javaidan, 2017). For this reason, NIDS have an essential role for the security infrastructure of almost every SDN environment and organization (Jabez & Muthukumar, 2015). One of the main aims of NIDS is to increase the detection performance of an attack and reduce the training time by proposing new algorithms having high speeds.

Table 1 : The Feature List of NSL-KDD Dataset

No	**Feature Name**	**No**	**Feature Name**
F1	Duration	F22	Is guest login
F2	Protocol type	F23	Count
F3	Service	F24	Srv count
F4	Flag	F25	Serror rate
F5	Source bytes	F26	Srverror rate
F6	Destination bytes	F27	Rerror rate
F7	Land	F28	Srverror rate
F8	Wrong fragment	F29	Same srv rate
F9	Urgent	F30	Diff srv rate
F10	Hot	F31	Srv diff host rate
F11	Number failed logins	F32	Dst host count
F12	Logged in	F33	Dst host srv count
F13	Num compromised	F34	Dst host same srv rate
F14	Root shell	F35	Dst host diff srv rate
F15	Su attempted	F36	Dst host same src port rate
F16	Num root	F37	Dst host srv diff host rate
F17	Num file creations	F38	Dst host serror rate
F18	Num shells	F39	Dst host srvserror rate
F19	Num access files	F40	Dst host rerror rate
F20	Num outbound cmds	F41	Dst host srvrerror rate
F21	Is host login	F42	Class label

3. Datasets

In this simulation, we used the NSL-KDD dataset for training and testing steps. NSL-KDD dataset is a newer version of KDD Cup dataset and one of the widespread datasets used by machine learning tools in network traffic engineering (Tang, McLernon, Zaidi, & Ghogho, 2016). The NSL-KDD dataset was refined from the original KDD Cup99 dataset to have many advantages comparatively. There are not any redundant records in the NSL-KDD dataset that has a lower difficulty levels on the estimation rate of each instance (Aissa & Guerroumi, 2016) - (Dhanabal & Shantharajah, 2015). Without any duplicate records, the various works can give more consistent and comparable results. The dataset contains a large amount of TCP traffic captured by US Air Force network and has 41 features and a class label for the attack type such as normal or anomalous (Dhanabal & Shantharajah, 2015). Table 1 represents the features and the class label on the columns. The dataset has four different clusters based on four types of attacks as in Table 2. There are 125,973 traffic records for the training data and 22,554 for testing the model with three feature types: basic, content based, and traffic based (Tang, McLernon, Zaidi, & Ghogho, 2016). It is widely used for data mining supported machine learning algorithms and applications such as Support Vector Machines, Decision Trees, Genetic Algorithms, K-Means Clustering, Fuzzy and Fuzzy C-Mean Clustering (Tavallaee, Bagheri, & Ghorbani, 2009).

Table 2 : Attack Classes And Types in the Dataset

Attack Classes	**Attack Types**
DoS	Back, Land, Neptune, Pod, Smurf,Teardrop,Apache2, Udpstorm, Processtable, Worm(10)
Probe	Satan, Ipsweep, Nmap, Portsweep, Mscan, Saint (6)
R2L	Guess_Password, Ftp_write, Imap, Phf, Multihop, Warezmaster, Warezclient, Spy, Xlock, Xsnoop, Snmpguess, Snmpgetattack, Httptunnel, Sendmail, Named(16)
U2R	Buffer_overflow, Loadmodule, Rootkit, Perl, Sqlattack, Xterm, Ps (7)

4. Methodology and Experımental Results

In this study, we used six basic traffic features of NSL-KDD dataset, namely *duration*, *protocol_type*, *src_bytes*, *dst_bytes*, *count*, and *srv_count* with the numbers of F1, F2, F5, F6, F23, and F24 on Table 1. All these features also belong to an SDN packet. In other words, SDN produces the same traffic parameters as in NSL-KDD which is a labelled dataset. Because that SDN is a type of TCP/IP networks its research subjects can be easily implemented with classical public datasets.

We applied the Naïve Bayes classification algorithm to the dataset for measuring the classification ratios. We used Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA) tool to perform the algorithm. WEKA is powerful and under the GNU General Public License tool using for classification experiments (Aggarwal & Sharma, 2015) (WEKA, 2019). This tool uses comma separated value (csv) and attribute-relation file format (arff). For this study we used both NSL-KDD training and testing datasets.

We run the Naïve Bayes algorithm for six times. And we got the following classification results as shown in Table 3.

Tab1e 3 : Results for Different Sizes of Test Data

Test Data Percentage	**Success Ratio of the Classification (%)**	**Total In-stances**	**Correctly Classified Instances**
NSL-KDD Test Dataset	50.7097	22544	11432
10-fold cross-validation	60.5669	125973	76298
60%	57.9911	75584	43832
50%	60.6929	62986	38228
30%	60.3745	42831	25859
20%	60.127	25195	15149

Table 3 represents the classification success of the Naïve Bayes algorithm according to various sizes of the testing data. For example, when NSL-KDD test dataset is used, 11432 of 22544 instances are correctly classified, thus the success ratio of the classification becomes 50.70%. Similarly, if 60% of the whole dataset is handled for testing, the success ratio becomes 57.99%. The highest classification successes are obtained for 50% test data percentage and 10-fold cross-validation respectively. In 10-fold cross-validation, the percentage parts (folds) of the dataset are selected and used iteratively. Here, at first the dataset is divided into 10 parts, 9 parts are used for training and 1 for testing. This process is repeated until using all parts and obtaining 10 different test results. The ultimate result is the average of these 10 results.

The detailed results can be seen on Figs. 2 and 3. Fig. 2 exhibits the diagram of Table 3. Fig. 3 represents the classification results of the method with 10-fold cross-validation.

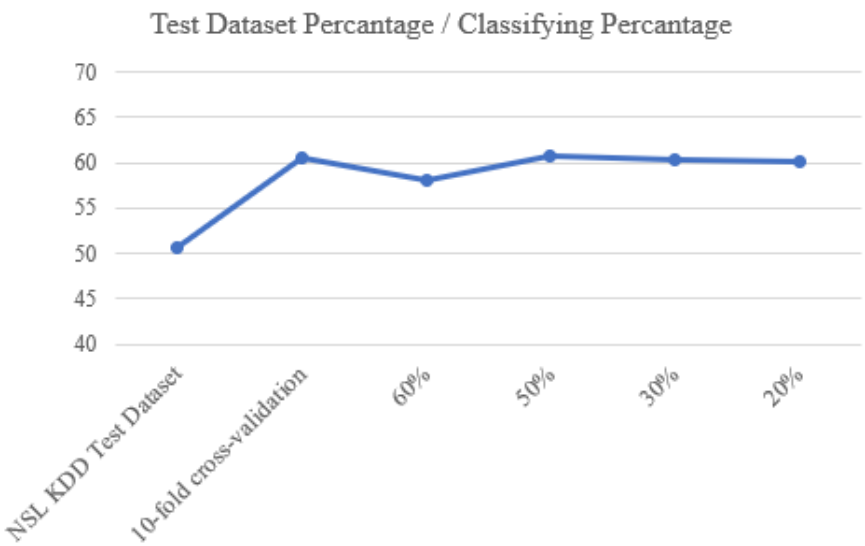


Fig. 2: The Percentages of the Test Dataset and Classification

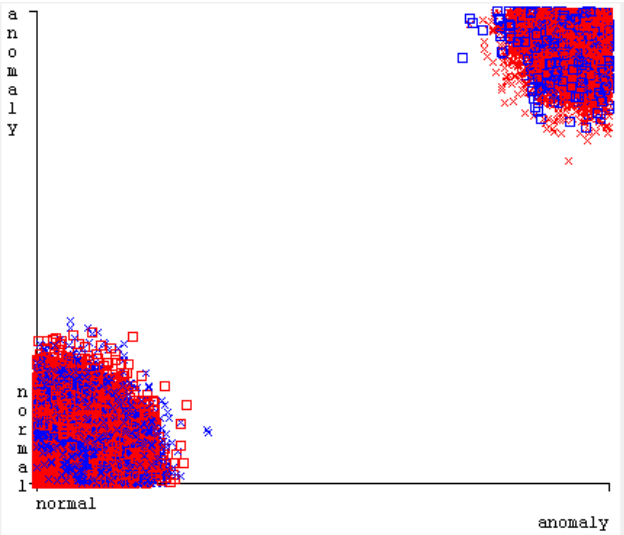


Fig. 3 : Distribution of Predicted Class and Dataset Class for 10 -Fold Cross-Validation.

4. Conclusıons

The network traffic amount can be large, complex, and unevenly distributed. Some network data and traffic types may have higher distribution than the others. Intrusion detection systems have some difficulties such as memory consumption and time constraints while processing the whole dataset. For these reasons the selections of the features and test dataset are very important in anomaly detection systems. In our model we split the test dataset into different sizes for testing. The application results show that the classification accuracy varies depending on the size of the chosen dataset. With the flexible architecture of the SDN, we can supply more features that have more valuable information to be used in an intrusion detection system and focus on one type of the specific attacks for increasing the accuracy of the NIDS. We can also plan to obtain our training and testing data model for more accurate results.

As a future work, we can try to implement a similar approach in a real SDN environment with a real network traffic gathered by an SDN controller.

Acknowledgment

This work has been supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) with the project number of 116E905.

References

Aggarwal, P., & Sharma, S. K. (2015). Analysis of KDD Dataset attributes - class wise for intrusion detection. 3rd International Conference on Recent Trends in Computing 2015 (ICRTC-2015), 57, pp. 842-851.

Aissa, N. B., & Guerroumi, M. (2016). Semi-supervised statistical approach for network anomaly detection. The 6th International Symposium on Frontiers in Ambient and Mobile Systems (FAMS 2016), 83, pp. 1090-1095.

Akcay, H., & Yiltas-Kaplan, D. (2017). Web-Based user interface for the floodlight SDN Controller. Int. J. Advanced Networking and Applications, 3175-3180.

Dhanabal, L., & Shantharajah, S. P. (2015, June). A study on NSL-KDD dataset for intrusion detection system based on classification algorithms. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, 4/6, 2319-5940.

Floodlight Official Web Site. (2019, 10 8). Retrieved from Floodlight Official Web Site: http://www.projectfloodlight.org

Jabez, J., & Muthukumar, B. (2015). Intrusion detection system (IDS): anomaly detection using outlier detection approach. International Conference on Intelligent Computing, Communication & Convergence, , (pp. 338-346). Bhubaneswar, Odisha, India.

Niyaz, Q., Sun, W., & Javaid, A. Y. (2017). A deep learning based DDoS detection system in Software-Defined Networking (SDN). ICST Trans. Security Safety 4, 4, e2i.

NOX Controller. (2019, 10 8). Retrieved from NOX Controller: https://github.com/noxrepo/nox/.

Open Day Light. (2019, 10 8). Retrieved from Open Day Light: https://www.opendaylight.org

Parsaei, M. R., Sobouti, M. J., Khayami, S. R., & Javidan, R. (2017, January). Network traffic classification using machine learning techniques over Software Defined Networks. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 8/7.

Revathi, S., & Malathi, A. (2013, December). A detailed analysis on NSL-KDD dataset using various machine learning techniques for intrusion detection. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 2/12, 2278-0181.

Singh, R., Kumar, H., & Singla, R. K. (2015, December). An intrusion detection system using network traffic profiling and online sequential extreme learning machine. Expert Systems With Applications, 42/22, 8609-8624.

Tang, T. A., Mhamdi, L., McLernon, D., Zaidi, S. A. R., & Ghogho, M. (2016). Deep learning approach for network intrusion detection in software defined networking. The International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM'16), (pp. 258-263).

Tavallaee, M., Bagheri, E., Lu, W., & Ghorbani, A. A. (2009). A detailed analysis of the KDD CUP 99 Data Set. 2009 IEEE Symposium on Computational Intelligence for Security and Defense Applications, 2, pp. 1-6. Ottawa.

WEKA. (2019, 10 8). WEKA. Retrieved from WEKA: https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka

PATLAYICI HAMMADDESİ TEDARİKÇİ SEÇİMİ VE SİPARİŞ MİKTARI BELİRLENMESİ İÇİN AHP İLE ENTEGRE EDİLMİŞ BİR HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ

Selin AĞCA BAŞ[1]
Gazi Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Bahar ÖZYÖRÜK
Gazi Üniversitesi

ÖZET: Günümüzde, teknolojik gelişmeler ve küreselleşme etkisi ile işletmeler arasında giderek ağırlaşan rekabet şartları, tedarik zincirine verilen önemin daha da artmasına yol açmaktadır. Tedarik zincirinin en kritik noktası sayılan satın alma faaliyetleri, işletmenin sürekliliği, kalitesi, pazar payı ve karlılığı için önemli rol oynamaktadır. Satın alma departmanı, aday tedarikçiler arasından istenen kriterlere uygun olanları seçip, hangi tedarikçiden ne miktarda sipariş verileceğini belirlemektedir ve birbiriyle çelişebilecek kriter ve kısıtlar söz konusu olduğundan bu durum zor bir karar problemidir. Bu çalışmada, sivil amaçlı patlayıcı üreten bir firmada tedarikçi seçimi ve sipariş miktarı belirlemek için matematiksel bir model geliştirilmiştir. Tedarikçilerin seçiminde ele alınan kriterlerin kendi aralarındaki ve tedarikçilerin kriterlere göre ikili kıyaslamaları AHP yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama ile firmaların uygunluk sırası belirlenmiştir. Firmanın hedef ve kısıtları, tedarikçilerin üretim kapasitesi gibi verilerle AHP sonuçları da kısıt olarak eklenerek çok amaçlı karar verme yöntemi olan bir hedef programlama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model GAMS ile çözülerek firmanın önemli bir hammaddesi için 4 aday tedarikçiden 2 tanesi seçilmiş ve bu tedarikçilere ne miktarda sipariş verileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tedarikçi seçimi, patlayıcı sektörü, sipariş miktarı belirleme, hedef programlama, analitik hiyerarşi prosesi (AHP)

A Goal Programming Model Integrated with Analytic Hierarchy Process for Raw Material of Explosive Supplier Selection and Determination of Order Amount

ABSTRACT: Today, dua to technological developments and globalization effect, the increasingly heavy competition conditions among the enterp-

rises leads to an increase in the importance given to the supply chain. Purchasing activities, which are considered as the most critical point of the supply chain, play an important role for the continuity, quality, market share and profitability of the enterprise. The purchasing department selects the candidate suppliers according to the required criteria and determines which quantity to order from which supplier and this is a difficult decision problem because there are conflicting criteria and constraints.In this study, a mathematical model has been developed to determine supplier selection and order quantity in the company which produce explosives for civilian purpose. Binary comparisons of the criteria between themselves and the suppliers according to the criteria have been calculated using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. With this calculation, order of conformity of firms have been determined. A goal programming model, which is a multi-purpose decision making method, has been developed by adding objectives and constraints of the firm, the production capacity of the suppliers and the AHP results as a constraint. With the solution of the developed model, 2 out of 4 candidate suppliers have been selected for an important raw material of the company and the amount of orders to be given to these suppliers has been determined.

Keywords: Supplier selection, explosive sector, order quantity, goal programming, analytic hierarchy process (AHP)

1.GİRİŞ

İşletmelerin en önemli amaçlarından biri, müşteri taleplerine uygun kalitede ürünler sunarken bunu optimal şartlarda ve minimum maliyetle sağlayabilmektir. Bu sayede devamlılığı olan işler yaparak müşteri memnuniyetini üst seviyelere çıkarmış, piyasada sürekliliğini korumuş ve kâr oranını arttırmış olacaklardır. Etkin bir tedarik zinciri yönetiminde kritik öneme sahip olan satın alma faaliyetlerinin en önemli işlevi, doğru tedarikçiyi seçip doğru miktarda sipariş miktarını belirlemektir.

Tedarikçi seçimi ve sipariş miktarı belirlenmesi birbiri ile çelişebilen kriter ve kısıtlar altında zor bir karar problemidir. Tedarikçilerin güçlü ve zayıf yönleri iyi belirlenmesi ve kriterlerin bilimsel metotlarla değerlendirilmesi gerekmektedir. Kriterler, firmanın sektörü, çalışma şekli ve gereksinimleri, müşterilerinin istek ve ihtiyaçları gibi faktörlerle şekillenmektedir ve değerlendirilirken çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılabilmektedir.

1990'lü yıllar ile beraber işletmeler, faaliyetlerini geliştirirken tedarik zincirlerinin üyesi olacak yollar aramaya başlamışlardır. İşletmeleri bu şekilde bir isteğe yönelten önemli gelişmelerden biri, tek başlarına rekabet edebilme güçlerinin azalması ve asıl rekabetin, tedarik zincirleri arasında vuku bulmaya başlamış olmasıdır (Yıldızöz,2006).

Tedarik zinciri yönetimi, müşteriye, doğru ürünün, olması gereken anda, olması gereken yerde, doğru fiyata olabilecek olan minimum maliyetle sunan malzeme, bilgi ve para akışı entegrasyonudur. Bir başka bir ifadeyle, müşteri memnuniyetini üst seviyelere çıkarmak için zincir içinde yer alan proseslerin bütünleşmesini sağlayıp, stratejilerin ve modellerin oluşturulmasıdır (Kocaoğlu, 2013)Bu çalışmada, sivil amaçlı patlayıcı üreten bir firmada tedarikçi seçimi ve sipariş miktarı belirlemek için matematiksel bir model geliştirilmiştir. Patlayıcı maddeler; ısı, darbe ya da şok etkisi ile hızlı bir şekilde kimyasal tepkimeye girerek yüksek enerji ile ani olarak gaz ve ısı açığa çıkarıp, büyük miktarda basınç oluşturan maddelerdir ve son derece hassas bir sektördür. Çeşitli şekillerde sınıflandırılabilen patlayıcı maddeler, kullanım yerlerine göre sivil (ticari) ve askeri (savunma) amaçlı olarak ikiye ayrılırlar. Çalışmada, tedarikçileri ve sipariş miktarları belirlenen patlayıcı maddeler sivil amaçlı olup maden, taş ocağı, tünel patlatmalarında kullanılmaktadır.

2.UYGULAMA

Bu bölümde çalışmanın amacı ve yöntemi anlatılıp AHP ve hedef programlama yardımıyla sivil amaçlı patlayıcı üreten bir firmanın tedarikçi seçimi ve sipariş miktarının belirlenmesi problemi çözülecektir.

2.1. Çalışmanın Amacı ve Yöntemi

Bu çalışmada, birden çok tedarikçiyle çalışan sivil amaçlı patlayıcı üreten bir firmanın önemli bir hammaddesinin tedarikçi seçimi ve sipariş miktarının belirlenmesi için AHP ile entegre edilmiş bir hedef programlama modeli önerilmiştir.

Birçok kriteri aynı anda karşılaştırmanın zor olması dolayısıyla tedarikçilerin uygunluk sıralamasını belirlemek için ikili karşılaştırmalara dayalı, insan algılarını ölçülebilir hale getirebilen, nitel ve nicel kriterleri bir arada değerlendirmeye imkân veren kriterler arasında bağımlılık aramayan ve literatürde sık kullanılan bir yöntem olan AHP tercih edilmiş olup, çözüm Microsoft Office Excel programı ile elde edilmiştir. Daha sonra firmanın hedef ve kısıtları, tedarikçilerin üretim kapasitesi gibi verilerle AHP'den elde edilen katsayılar da kısıt olarak eklenerek birden fazla amacı optimal olarak sağlayabilen ağırlıklı (Archimedean) bir hedef programlama modeli geliştirilmiştir. Model GAMS ile çözülerek hangi tedarikçilerden ne miktarda sipariş verileceği belirlenmiştir.

2.2. Kriterlerin & Alternatiflerin Belirlenmesi ve AHP Yapısı

Firmanın ana üretim girdilerden olan ve maliyet kalemi yüksek hammaddesinin sipariş verileceği 4 tedarikçiden 2'sinin seçilmesi için kriterler belirlenirken firmanın çalışma felsefesi, müşteri talepleri ve tedarik süreçlerinde karşılaşılan durumlar göz önünde bulundurulmuştur. Kriterler; fiyat, iletişim, zamanında teslimat, istenen miktara uygunluk, ürün kalitesi, her siparişi alabilme kapasitesi, tedarik süresi, uygun paketleme şekli olarak belirleniştir.

2.3. AHP ile Kriterlerin İkili Karşılaştırılması ve Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Aşağıdaki matriste her satır ve sütunun kesişim hücresine, satırdaki kriterin sütundaki kritere göre önemini gösteren Saaty'nin 1-9 puanlı tercih ölçeği ile belirlenen sayısal değerler yazılmıştır.

Eğer bir kriter diğer bir kritere göre çok daha fazla tercih edilmişse bu ikili karşılaştırmanın değeri 5'tir. Aksi durumda ise tersi alınarak 1/5 değeri kullanılmaktadır (Baran,2012).

Çizelge 2.1. Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Matrisi

	Fiyat	İletişim	Zamanında Teslimat	İstenen Miktara Uygunluk	Ürün Kalitesi	Sipariş Alamama Riski	Tedarik Süresi	Uygun Paketleme
Fiyat	1	7	5	5	3	3	9	7
İletişim	1/7	1	1/3	1/3	1/5	1/5	3	1/3
Zamanında Teslimat	1/5	3	1	2	1/3	1/3	4	3
İstenen Miktara Uygunluk	1/5	3	1/2	1	1/3	1/5	3	2
Ürün Kalitesi	1/3	5	3	3	1	1/2	7	5
Sipariş Alamama Riski	1/3	5	3	5	2	1	7	5
Tedarik Süresi	1/9	1/3	1/4	1/3	1/7	1/7	1	1/3
Uygun Paketleme	1/7	3	1/3	1/2	1/5	1/5	3	1

Daha sonra her sütunun toplamı alınıp her hücre bu toplama bölünerek elde edilen normalizasyon matrisinin satır ortalamaları alınarak kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir.

Çizelge 2.2. Kriterler Ağırlıkları

	Kriter Ağırlıkları
Fiyat	0,352
İletişim	0,037
Zamanında Teslimat	0,090
İstenen Miktara Uygunluk	0,067
Ürün Kalitesi	0,168
Her Siparişi Alabilme Kapasitesi	0,211
Tedarik Süresi	0,023
Uygun Paketleme	0,051

Çizelge 2.3'de tedarikçi seçimini en fazla etkileyen kriterin 0,352 ağırlığı ile "fiyat" olduğu görülmektedir. Bu sırayı 0,211 ile tedarikçinin verilen her siparişi karşılayabilme durumu olan "her siparişi alabilme kapasitesi", 0,168 oranı ile "ürün kalitesi", 0,090 oranı ile "zamanında teslimat", 0,067 oranı ile "istenen miktara uygunluk", 0,051 oranı ile "uygun paketleme", 0,037 oranı ile "iletişim", 0,023 oranı ile "tedarik süresi" takip etmektedir.

2.4. Kriter Ağırlıklarının Tutarlılıklarının Ölçülmesi

Doğru sonuçlar elde edebilmek adına, ağırlıklar bulunduktan sonra kriterler için ikili karşılaştırma matrisinde verilen puanların tutarlılığının ölçülmesi gerekmektedir.

Bunun için öncelikle Çizelge 2.1'deki kriterler için ikili karşılaştırma matrisi ve Çizelge 2.3'deki kriterler ağırlıkları matrisleri çarpılarak ağırlıklandırılmış toplam vektör elemanları bulunup, her bir eleman Çizelge 2.3'deki kriterler ağırlıkları vektöründeki karşılıklı elemanlara bölünmesiyle elde edilen 8x1'lik matrisin satırlarının ortalaması alınarak λ değeri 8,509 olarak bulunmuştur. λ kriter sayısına (n) ne kadar yakın ise çalışma o kadar tutarlıdır.

8 kriterli matrisimiz için Eş. 2.1'de gösterildiği gibi;

CI (tutarlılık göstergesi) = λ-n/n-1 (2.1)

CI değeri 0,073 olarak bulunmuştur.

rassallık indeksleri tablosuna göre;

n =8 olduğu için RI (rassallık indeksi) = 1,41'dir.

Eşitlik 2.2'de gösterildiği gibi;

CR (tutarlılık oranı) = CI / RI (2.2)

CR=0,052 olarak bulunmuştur.

CR tutarlılık oranının 0,10'dan düşük olması tedarikçi kriterlerinin tutarlı bir şekilde değerlendirildiğini göstermiştir.

2.5. Tedarikçilerin Kriterlere Göre İkili Karşılaştırmaları

AHP'nin bu aşamasında her bir kriterin önemi açıklanıp, aday tedarikçilerin bu kriterler bazında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

2.5.1. Fiyat

Çoğu işletmede olduğu gibi ilgili firmada da üretim giderleri içerisinde hammadde birim fiyatları yüksek bir orandadır. Bu çalışmada, hammadde birim fiyatlarına birim nakliye giderleri ve ithal edilenler için birim gümrük masrafları da eklenerek depo giriş birim maliyetleri hesaplanarak işlem yapılmıştır.

Çizelge 2.3. Tedarikçilerin Fiyat Kriterine Göre İkili Karşılaştırma Matrisi

Fiyat				
	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4
Tedarikçi 1	1	4	9	5
Tedarikçi 2	1/4	1	7	2
Tedarikçi 3	1/9	1/7	1	1/5
Tedarikçi 4	1/5	1/2	5	1

Yukarıdaki matris normalize edilip satır ortalamaları ile tedarikçilerin fiyat kriterine göre ağırlıkları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 2.4. Tedarikçilerin Fiyat Kriterine Göre Ağırlıkları

	Fiyat Ağırlığı
Tedarikçi 1	0,592
Tedarikçi 2	0,225
Tedarikçi 3	0,042
Tedarikçi 4	0,141

2.5.2. İletişim

İletişim kriteri, tedarikçilerin verilen siparişe dönüş hızlarını, siparişin iptali, artırımı, azalımı ya da temin tarihi değişikliği gibi konularda rahat ulaşılabilirliğini değerlendirmektedir.

Çizelge 2.5. Tedarikçilerin İletişim Kriterine Göre İkili Karşılaştırma Matrisi

İletişim				
	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4
Tedarikçi 1	1	7	3	5
Tedarikçi 2	1/7	1	1/5	1/3
Tedarikçi 3	1/3	5	1	3
Tedarikçi 4	1/5	3	1/3	1

Yukarıdaki matris normalize edilerek matrisin satır ortalamaları ile tedarikçilerin iletişim kriterine göre ağırlıkları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 2.6. Tedarikçilerin İletişim Kriterine Göre Ağırlıkları

	İletişim Ağırlığı
Tedarikçi 1	0,558
Tedarikçi 2	0,057
Tedarikçi 3	0,263
Tedarikçi 4	0,122

2.5.3. Zamanında teslimat

Üretimin aksamaması, nihai ürün satışında firmanın müşterilerine karşı verdiği temin süresini aşmaması ve yok satma maliyeti oluşmaması açısından hammaddenin zamanında teslim edilmiş olması önemlidir. Ayrıca erken gelen hammaddeler de firmanın stok yeri problemi nedeniyle sıkıntı yaratabilmektedir. Özellikle ithalat süreçlerinde yaşanılan teslimat zamanı kaymalarını minimize edebilecek tedarikçilerle çalışma tercih edilmektedir.

Çizelge 2.7.Tedarikçilerin Zamanında Teslimat Kriterine Göre İkili Karşılaştırma Matrisi

Zamanında Teslimat				
	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4
Tedarikçi 1	1	7	5	3
Tedarikçi 2	1/7	1	1/3	1/5
Tedarikçi 3	1/5	3	1	1/3
Tedarikçi 4	1/3	5	3	1

Çizelge 2.7'daki matris normalize edilip satır ortalamaları ile tedarikçilerin zamanında teslimat kriterine göre ağırlıkları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 2.8. Tedarikçilerin Zamanında Teslimat Kriterine Göre Ağırlıkları

	Zamanında Teslimat Ağırlığı
Tedarikçi 1	0,558
Tedarikçi 2	0,057
Tedarikçi 3	0,122
Tedarikçi 4	0,263

2.5.4. İstenen miktara uygunluk

Zamanında teslimat kriterinde olduğu gibi eksik hammadde gelişiyle de yok satma maliyeti oluşabilmektedir. Fazla miktarda gönderim olduğunda ise stok tutma maliyetleri oluşmaktadır. Ayrıca patlayıcı sektörü hassas bir alan olduğu için depoların kritik seviyede bir düzenleri vardır, her depoda bulundurulabilen belirli özelliklerde hammaddeler olduğu için istenenden fazla gelen miktarlar depoya sığmadığında farklı depoya konamama sorunları yaşanmaktadır.

Çizelge 2.9. Tedarikçilerin İstenen Miktara Uygunluk Kriterine Göre İkili Karşılaştırma Matrisi

İstenen Miktara Uygunluk				
	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4
Tedarikçi 1	1	3	1/3	1/3
Tedarikçi 2	1/3	1	1/3	1/3
Tedarikçi 3	3	1	1	2
Tedarikçi 4	3	1	1	1

Çizelge 2.9 matrisi normalize edilerek matrisin satır ortalamaları ile tedarikçilerin istenen miktara uygunluk kriterine göre ağırlıkları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 2.10 Tedarikçilerin İstenen Miktara Uygunluk Kriterine Göre Ağırlıkları

	İstenen Miktara Uygunluk Ağırlığı
Tedarikçi 1	0,213
Tedarikçi 2	0,107
Tedarikçi 3	0,374
Tedarikçi 4	0,306

2.5.5. Ürün kalitesi

Patlatma sırasında sorun yaşanmaması dolayısıyla firma imajının ve güvenilirliğinin sarsılmaması için patlayıcı hammaddesinin kalitesi istenilen seviyede olmalıdır.

Ayrıca kalitesinde problem olan hammaddeler bazı durumlarda üretim hattında durmalara hatta bazen arızalara bile neden olduğu olmaktadır.

Çizelge 2.11. Tedarikçilerin Ürün Kalitesi Kriterine Göre İkili Karşılaştırma Matrisi

Ürün Kalitesi				
	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4
Tedarikçi 1	1	1/3	1/7	1/5
Tedarikçi 2	3	1	1/5	1/3
Tedarikçi 3	7	5	1	3
Tedarikçi 4	5	3	1/3	1

Çizelge 2.11 matrisi normalize edilerek matrisin satır ortalamaları ile tedarikçilerin ürün kalitelerine göre ağırlıkları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 2.12. Tedarikçilerin Ürün Kriterine Göre Ağırlıkları

	Ürün Kalitesi Ağırlığı
Tedarikçi 1	0,057
Tedarikçi 2	0,122
Tedarikçi 3	0,558
Tedarikçi 4	0,263

2.5.6. Her siparişi alabilme kapasitesi

Tedarikçilerin üretimlerinde meydana gelen arızalar nedeniyle kimi zaman verilen siparişi alamamaktalar. Bu durumun sıklığı yüksek olmamakla birlikte gerçekleştiği zamanlarda etkileri büyük olduğu için riski yüksektir.

Çizelge 2.13. Tedarikçilerin Sipariş Alamama Kriterine Göre İkili Karşılaştırma Matrisi

Her Siparişi Alabilme Kapasitesi				
	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4
Tedarikçi 1	1	1/3	1/5	1/7
Tedarikçi 2	3	1	1/3	1/5
Tedarikçi 3	5	3	1	1/3
Tedarikçi 4	7	5	3	1

Çizelge 2.13 matrisi normalize edilip satır ortalamaları ile tedarikçilerin her siparişi alabilme kapasitesine göre ağırlıkları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 2.14. Tedarikçilerin Her Siparişi Alabilme Kriterine Göre Ağırlıkları

	Her Siparişi Alabilme Kapasitesi Ağırlığı
Tedarikçi 1	0,057
Tedarikçi 2	0,122
Tedarikçi 3	0,263
Tedarikçi 4	0,558

2.5.7. Tedarik süresi

Aday tedarikçileri üretim kapasiteleri ve firmaya olan mesafeleri gibi nedenlerle belirgin tedarik süreleri farkları mevcuttur.

Çizelge 2.15. Tedarikçilerin Tedarik Süresi Kriterine Göre İkili Karşılaştırma Matrisi

Tedarik Süresi				
	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4
Tedarikçi 1	1	9	6	4
Tedarikçi 2	1/9	1	1/5	1/7
Tedarikçi 3	1/6	5	1	1/5
Tedarikçi 4	1/4	7	3	1

Çizelge 2.15 matrisi normalize edilip matrisin satır ortalamaları alınarak tedarik süresi kriterine göre ağırlıkları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 2.16. Tedarikçilerin Tedarik Süresi Kriterine Göre Ağırlıkları

	Tedarik Süresi Ağırlığı
Tedarikçi 1	0,600
Tedarikçi 2	0,041
Tedarikçi 3	0,118
Tedarikçi 4	0,241

2.5.8. Uygun paketleme

Hammaddenin nem almaması, paketinin açılıp dağılmaması, son kullanım tarihine kadar bozulmadan saklanabilmesi için uygun paketlenmiş şekilde gelmesi gerekmektedir.

Çizelge 2.17. Tedarikçilerin Uygun Paketleme Kriterine Göre İkili Karşılaştırma Matrisi

Uygun Paketleme				
	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4
Tedarikçi 1	1	3	1/2	1/3
Tedarikçi 2	1/3	1	1/4	1/5
Tedarikçi 3	2	4	1	1/2
Tedarikçi 4	3	5	2	1

Çizelge 2.17. matrisi normalize edilip matrisin satır ortalamaları alınarak uygun paketleme kriterine göre ağırlıkları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

2.6. AHP ile Tedarikçi Ağırlıklarını Belirlemek için Sentez Aşaması

Önceki bölümde her bir kriter için belirlenen tedarikçi ağırlıkları tek bir matriste toplanır.

Çizelge 2.18. Tedarikçilerin Uygun Paketleme Kriterine Göre Ağırlıkları

	Uygun Paketleme Ağırlığı
Tedarikçi 1	0,171
Tedarikçi 2	0,074
Tedarikçi 3	0,284
Tedarikçi 4	0,471

Çizelge 7.19. Kriter Bazlı Tedarikçi Ağırlıkları

	Fiyat	İletişim	Zamanında Teslimat	İstenen Miktara Uygunluk	Ürün Kalitesi	Her Siparişi Alabilme Kapasitesi	Tedarik Süresi	Uygun Paketleme
Tedarikçi 1	0,592	0,558	0,558	0,213	0,057	0,057	0,600	0,171
Tedarikçi 2	0,225	0,057	0,057	0,107	0,122	0,122	0,041	0,074
Tedarikçi 3	0,042	0,263	0,122	0,374	0,558	0,263	0,118	0,284
Tedarikçi 4	0,141	0,122	0,263	0,306	0,263	0,558	0,241	0,471

Çizelge 2.19.'deki kriter bazlı tedarikçi ağırlıkları matrisi ile Çizelge 2.2'daki kriter ağırlıkları matrisi çarpılarak tedarikçilerin ağırlıkları Çizelge 2.20'da görüldüğü gibi bulunmuştur.

Çizelge 2.20. Tedarikçi Ağırlıkları

	Tedarikçi Ağırlıkları
Tedarikçi 1	0,338
Tedarikçi 2	0,145
Tedarikçi 3	0,227
Tedarikçi 4	0,290

2.7. Hedef Programlama Modeli

AHP'den elde edilen sıralama tedarikçilerin uygunluk derecesini göstermektedir. Bununla birlikte firmanın ihtiyaç ve hedefleri ile tedarikçilerin çalışma şekilleri, kapasiteleri gibi bilgiler, AHP'den elde edilen ağırlıklarla birlikte kısıt olarak eklenerek çok amaçlı problemlerin çözümünde kullanılan güçlü yöntemlerden biri olan Hedef Programlama (Goal Programming) modeli geliştirilmiştir. Modelde ağırlıklı hedef programlama tercih edilmiştir.

Önerilen HP modelinin formülü;

Min $Z = a_1 * Sb^+ + a_2 * St^- + a_3 * Sw^-$

$\sum_{i=1}^{n} Ti = H$

$\sum_{i=1}^{n} CiXi + Sb^- + Sb^+ = B$

$\sum_{i=1}^{n} Xi + St^- - St^+ = D$

$\sum_{i=1}^{n} wi * Ti + Sw^- = 1$

Bi min.* $Ti \leq Xi$

Bi max *$T_i \geq Xi$

Ti= 0 veya 1 $\forall_i$

Burada;

Z= Ağırlıklandırılmış sapma değişkenlerinin toplamı,

Xi = i. Tedarikçiden sipariş edilecek miktar,

Ti = i. Tedarikçiye sipariş verilecekse "1" , verilmeyecekse "0",

H = Seçilmek istenen tedarikçi sayısı,

Ci = i. Tedarikçinin birim fiyatı,

B = Toplam bütçe,

wi = i. tedarikçinin AHP'den elde ettiği ağırlık katsayısı,

D = İşletmenin tedarik etmek istediği malzeme miktarı,

Bi min = i. tedarikçiden tedarik edilebilecek minimum miktar,

Bi max = i. tedarikçiden tedarik edilebilecek maksimum miktar,

Sb^{-}= bütçeden negatif yönde sapma,

Sb^{+}= bütçeden pozitif yönde sapma,

Sw^{-}= AHP prosesi ile bulunan ağırlıklardan negatif yönde sapma,

St^{-}= talepten negatif yönde sapma,

St+ = talepten pozitif yönde sapma,

a_1,a_2,a_3 = amaçların katsayıları

İşletmenin sipariş vereceği firma sayısı 2,

Siparişe ayırdığı toplam bütçe 39 500 000 para birimi,

Tedarik edeceği toplam ürün miktarı 26 500 birim,

Her bir tedarikçiden talep edebileceği minimum ürün miktarları sırayla; 7 000 birim, 6 000 birim, 8 000 birim ve 7 000 birimdir.

Her bir tedarikçilerden talep edebileceği maksimum ürün miktarı ise 24 000 birimdir.

Tedarikçilerin birim fiyatları sırasıyla; 1 350, 1 400, 1 800, 1 550 para birimi'dir.

AHP katsayıları sırasıyla; 0,338; 0,145; 0,227 ve 0,290'dır.

Modelin formülü::

$MinZ= 4Sb+ + 2St^{-} + 3Sw^{-}$

$T1+T2+T3+T4=2$

$0,338T1+ 0,145T2+ 0,227T3+ 0,290T4+ Sw^{-} = 1$

$X1+X2+X3+X4+ St^{-} - St+ =26500$

$1.350X1+1.400X2+1.800X3+1.550X4+Sb^{-} - Sb+ = 39500000$

$7500T1 \leq X1$

$6000T2 \leq X2$

$8000T3 \leq X3$

$7000T4 \leq X4$

$24000T1 \geq X1$

$24000T2 \geq X2$

$24000T3 \geq X3$

$24000T4 \geq X4$

$Ti = 0$ ya da 1

$Sb^{-}, Sb+ \geq 0$

$Sw^{-} \geq 0$

$St, St+ \geq 0$

Model GAMS ile çözülerek Tedarikçi 1'den 19 500 birim, Tedarikçi 4'ten 7 000 birim sipariş verilmesi gerektiği ve bu sipariş için toplam 37 175 000 para birimlik bütçe ayrılması gerektiği bulunmuştur.

3.SONUÇ

Günümüz dünyasında işletmelerin ağır rekabet koşullarına uyum sağlayıp, pazarda yerini koruyabilmesi ve pazar payını arttırabilmesi için tedarik zincirine odaklanması önem arz etmektedir. Zincirinin en kritik noktası sayılan satın alma faaliyetleri, işletmenin sürekliliği, kalitesi ve karlılığı için önemli rol oynamaktadır.

Kaç tedarikçi ile çalışılacak, tedarikçi seçim kriterleri ne olacak, hangi tedarikçiye ne kadar sipariş verilecek gibi konularda bilimsel yöntemler olan çok kriterli karar verme yöntemleri karar vericilere ve yöneticilere büyük yarar sağlamaktadır.

Bu çalışmada sivil amaçlı patlayıcı üreten bir firmanın önemli ve toplam maliyeti yüksek bir hammaddesinin tedarikçilerinin seçimi için 8 adet kriter belirlenmiş ve bu kriterlerin ve tedarikçilerin değerlendirmesi uzman kişilerce AHP yapılmış, sonuçta en önemli kriterin fiyat olduğu görülmüştür. AHP ile elde edilen firma sıralamaları, firmanın bu sipariş için belirlediği bütçe ve miktar, firmaların minimum vermek istedikleri miktarlar ve firmanın her bir tedarikçiye vermek istediği maksimum sipariş miktarları kısıt olarak eklenerek bir hedef programlama modeli geliştirilmiştir.

AHP ile elde edilen sonuçlarda en iyi sırada çıkan 1. ve 4. tedarikçilerin, Hedef Programlama sonucunda da en iyi tedarikçiler olarak belirlendiği görüşmüştür. Çalışmada önerilen model GAMS ile çözülüp toplam 26 500 birim için ayrılan 39 500 000 para birimlik bütçe firmaya en uygun tedarikçilerden 37 175 000 para birimine mal edilmiştir.

KAYNAKLAR

Yıldızöz H. (2006). "Tedarik Zinciri Yönetimi ve Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 5.

Kocaoğlu Y. (2013). "Tedarik Zinciri Yönetiminde ERP II Kullanımının, İşletme Tedarik Zinciri Yönetimi Performansına Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 11.

Baran E. (2012). "Tedarikçi Seçimi için Bir Model Önerisi: Traktör Fabrikası Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 30-33.

PARKINSON'S DISEASE BASED ON ARTIFICICIAL NEURAL NETWORK AND SUPPORT VECTOR MACHINE

Beyhan GERGERLİ
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Baha ŞEN
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Prof. Dr. Fatih V. ÇELEBİ
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

ABSTRACT: The number of computer-aided systems and related studies to provide diagnostic support to medical experts have increased in recent years. Early detection and accuracy of the system play an essential role in early diagnosis of Parkinson's disease (PD). In this paper, feed-forward backpropogation artificial neural networks (ANNs) with many scenarios are used to predict the Parkinson's disease through 195 voice recordings obtained from the dataset which consists of voice measurements of 32 people which of 24 have the Parkinson's disease. In the experiment, in addition to ANN it is tried to simulate support vector machine (SVM) model and train it with various train percentages for binary classification to be able to make comparison between ANN and SVM. The highest average accuracy is obtained as 96.88 from the ANN classification algorithm while the highest average algorithm is 87.90% from the SVM classifier when train percentage is 0.9. The highest average ANN test accuracy is 84.33% and achieved with ANN (7-18-1).

Keywords: Parkinson's Disease, Artificial Neural Networks, Support Vector Machine

1. INTRODUCTION

Parkinson's disease (PD) affects the dopamine producing nerve cells in the brain. Fundameantal symptoms of Parkinson's disease are muscle rigidity, tremors, and distortions in speech and gait. After diagnosis, treatments may help relieve symptoms, but there is no cure.

Symptoms of the PD increase usually slowly over years. The progression of symptoms may vary from one person to another owing to the diversity of the disease. The cause of the disease is still unknown. Treatment options differ and include medications and surgery, however there is no cure. Parkinson's disease is not fatal, but, disease complications may be serious. The Centers for Disease Control and Prevention (CDC) rated complications from PD as the 14th cause of death in the United States (Parkinson's Foundation, 2019).

PD is an age-related degeneration of certain nerve systems and affects movement, balance, and muscle control of patients. PD is one of the common diseases which affect 1% of people older than 60 years (Özçift,2012: 2141-2147).

It is assumed that there are about 100-130 thousand people in Turkey and more than 10 million people worldwide living with PD. It is estimated that 10 thousand people are added to these numbers every year, and the number of Parkinson's patients will be doubled in 2030 (Sivas İl Sağlik Müdürlüğü, 2017).Incidence of Parkinson's disease increases with age, but an estimated four percent of people with PD are diagnosed before age 50. Men are 1.5 times more likely to have Parkinson's disease than women (Parkinson's Foundation, 2019).

Early and accurate diagnosis of Parkinson's disease is stil challenging (Hirschauer et all. 2015:179).

This paper is organised as follows. In the next section, an overview of the related works are presented. The methodology is shown in section 3 and the experimental results are in section 4. Finally, conclusions of the experiments are given in section 4.

2. RELATED WORKS

(Erdogdu Sakar et al. 2013: 828-834) designed a computer-aided data analysis system to make diagnosis and treatment of parkinson's disease. In the study, k-nearest neighbor(k-NN) and SVM classification algorithms are used to discriminate the healty person from PD according to MCC (Matthews Correlation Coefficient) scores. According to the experimental results, it is shown that SVM classification algorithm produced higher accuracies than the k-NN.

(Vásquez Correa et al. 2014) developed of a new system for the real time evaluation of speech signals of people who have parkinson's disease. For this issue, three platforms are developed: first platform is developed on Matlab and it is a graphical user interface (GUI). For the second platform, first prototype is applied to a

digital signal processor (DSP) . And the last platform is developed on a mini computer. The developed portable device is used to assess the speech signal and give the feedback to the patients on real time to perform their speech exercises properly.

(Orozco et al. 2017) developed an open-source software designed in C++ and runs Python scripts for Parkinson's speech analysis. This software has a grafical user interface and designed to fulfill the phonation, articulation, prosody and intelligiblity analyses separateley called Neurospeech. Phonation of the speaker analysed with respect to frequency and amplitude of the speech represented as jitter and shimmer perturbation measures. The prediction of the neurological state of the patient is measured according to the Unified Parkinson’s Disease Rating Scale (UPDRS) . This scale measures motor and non-motor aspects of PD. The ratings range from 0 (normal) to 4 (severe), and the total score of each part corresponds to the sum of its items.

(Bhabad et al. 2018) investigated the voice signal of the people to decide whether the parkinson's disease exists or not. For this issue, MFCC technique is used to classify k-closest neighbors. In the experiment, the results of the classification stage are achieved with running in python with an output message if parkinson’s disease is detected or not. Distinctive sound highlights are utilized and possibly 99% accuracy is going to be achieved.

(Berus et al. 2019) evaluated the performance of neural network-based classification using different feature selections performed with self-organizing maps, principal component analysis, and on the basis of Pearson’s and Kendall’s correlation coefficient.

In the experiment, it was observed that multiple ANNs achieved the highest accuracy among classifiers of 67.25% by LOSO data structure (leave-one-subject-out) cross-validation using no feature selection. The best test accuracy result is obtained from Kendall’s correlation coefficient-based feature selection, and the most relevant voice samples are recognized. Multiple ANNs is proven as the best classification technique for diagnosis of PD without usage of the feature selection procedure (on raw data).

3. METHODOLOGY

Parkinsons Disease dataset used in this study was generated in Oxford University by Max Little in coopearation with the Denver (capital and largest city of Colorado state) site of the NCVS (National Centre for Voice and Speech), who recorded the speech signals.

The dataset is consists of voice measurements of 32 people which of 24 have the Parkinson's disease. In the dataset table each column shows a specific voice measure and each row shows the each of 195 voice recordings obtained from these people. The goal of this data is to distinguish the healty people from patients by considering the status column that is fixed to 1 for PD and 0 for healty people.

The data file is formed in ASCII CSV configuration and rows of the file include the example corresponding to one voice recording. Each patient is named in the first column and has approximately 6 recordings (UCI Machine Learning Repository, 2019).

The data file is in matrix format and columns of this matrix consist of the 24 features.

Name: In this data set there are 32 names which of three (numbered 15, 20, 25) have 7 recording and the others have the 6 recordings and totally there are 195 voice recordings.

MDVP:Fo(Hz): Fundemental frequency measures how low or high people's voice frequency (MICHIGAN STATE UNIVERSITY,2019). In the Parkinsons Disease Data Set for healty person this value is within the range of 11.073.900 and 26.010.500, while 8.833.300 and 22.336.100 for PD's.

Jitter and shimmer are defined as the variations that appear in the fundamental frequency. **Jitter** represents the disturbance or variability of **fundamental frequency,** and affected from the lack of control of vocal fold vibration while **shimmer** entitles to the same disturbance and related with the intensity of vocal emission or **amplitude of sound wave**. Shimmer affected with mass lesions in the vocal folds and reduction of glottic resistance. that are related with presence of noise at emission and breathiness (Wertzner et al. 2005: 582-588).

Pitch, jitter and shimmer are used to perform the evaluation of the phonation capability of the patients. Pitch is defined as the fundamental frequency of the speech signal and it is associated to the vibration period of the vocal folds.

The system has the following stages:

The dataset table consists of 195 voice recordings (rows) obtained from healty and unhealty people. In the dataset we have 24 columns which are explained in details at the above part. We don't use the first column which shows the name and the 18th. column which shows the status of the people if they are ill or healty. So, in our study we use 22 input data and train 70% of this data, and the remain 30% of the data is used as the test data. The range is comprised of min and max values for 22 input elements.

1.1. Artificial Neural Network (ANN)

The design of Artificial Neural Network is motivated by the real brain structure. ANN is the network of simple processing elements called neurons which operate on their local data and communicate the with other neurons. Although there are many types of neural network the main principle is similar (SVOZIL et al.,1997).

In ANN, each input neuron receives a numerical input from each of the variables in the dataset. All variables are normalized to a 0-1 scale. Then, these values are multiplied by factors which are called as connection weights. The products of these multiplications are summed up and become the net inputs. Then these values enter into an activation function that calculates the outputs of the hidden neurons (Gharehchopogh et al. 2013)

In the experiment, it is tried to simulate a feed-forward backpropogation neural network. The neural network is designed from three layers. 11 experiments are applied and each of them run 10 times. In the first experiments. It is tried to simulate a feed-forward backpropogation neural network. Backprop network training function "trainlm" is used to train this dataset.

The neural network is designed from three layers for the below scenarios shown in table 1;

Table 1. Neural network scenarios

Scenario	Number of Neurons in layers		
	First layer	Second layer	Outputlayer
1	7	18	1
2	3	3	1
3	5	5	1
4	3	5	1
5	5	10	1
6	3	10	1
7	5	15	1
8	4	8	1
9	10	10	1
10	10	20	1
11	20	30	1

A confusion matrix shows the summary of prediction results on a machine learning classification problem.

TP you predict positive and it is true	FP you predict positive and it is false
FNN FN you predict negative and it is false	TN you predict negative and it is true

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \times 100\% \quad (1)$$

$$Sensivity = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \quad (2)$$

$$Specifity = \frac{TN}{FP + TN} \times 100\% \quad (3)$$ (Gil. Et. Al)

1.2. Support Vector Machines (SVM)

Support vector machines use set of training examples each marked to its category. In SVM, one hyperplane which represent the largest separation between the two classes is selected. Maximum magrin hyperplane is selected always. Maximum margin hyper plane is a plane from which distance to the nearest data point on both side is maximized. These nearest data points are known as support vectors. Support vector machines are used for classification and they are very accurate binary classifiers and powerfull to noise (Saloni. et al. 2015).

In the experiment, it is tried to simulate support vector machine model and train it for binary classification. Premnmx function is used to preprocess the data, so that minimum value is -1 and maximum value is 1 for each row. Tramnmx function is used to transform data using a precalculated min and max. To create Cross-Validated Support Vector Machine (SVM) classifier CVSVMModel function is used.

For creating a cross-validated model, CVPartition, Holdout, KFold, or Leave-out arguments can be used. In the experiment, Holdout Method is used to split initial dataset into a separate training and test dataset to avoid overfitting. Training set is split into training set and validation set. Training set is used for fitting different models and validation set for tuning and comparing different parameter settings to improve the performance for making predictions on unseen data. This process is called

model selection (Medium 2018). For training, fitcsvm function is used. In the experiment, the classifier is cross-validated by specifying a 15% holdout sample. CompactSVMModel is used to reduce size of Support vector machine (SVM) classifier to improve efficiency. To postpro cess the data which has been preprocessed by PREMNMX, it is utilized from the postmnmx function.

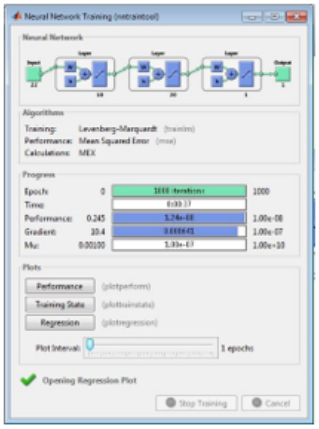
1. EXPERIMENTAL RESULTS

For the ANN;

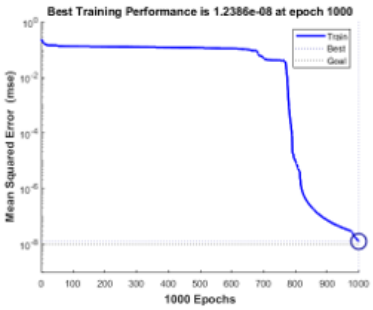
Trial	First layer	Second layer	True Positive (%)	True Negative (%)	False Positive (%)	False Negative (%)	Accuracy (%)
1	10	20	100	100	0	0	100
2	10	20	99	97	1	3	98.5
3	10	20	94.2	63.6	5.8	36.4	86.9
4	10	20	99	81.3	1	18.8	94.9
5	10	20	100	90	0	10	97.2
6	10	20	99	100	1	0	99.3
7	10	20	100	96.8	0	3.2	99.3
8	10	20	100	100	0	0	100
9	10	20	99	72.7	1	27.3	92.7
10	10	20	100	100	0	0	100
Average			99.02	90.14	0.98	9.87	96.88

Table 2. Result for training Levenberg-Marquardt backpropagation for 10 neurons in the first layer and 20 neurons in the second laye

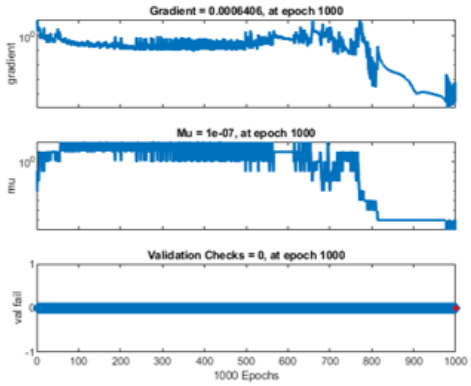
In the training best results are obtained from the first, eighth and tenth trials with 100 % accuracy. The average training accuracy is calculated as 96.88 % for 10-20-1 neural network.


Neural Network Training (nntraintool)
Neural Network
Algorithms
Training: Levenberg-Marquardt (trainlm)
Performance: Mean Squared Error (mse)
Calculations: MEX
Progress
Epoch: 0 1000 iterations 1000
Time: 0:00:13
Performance: 0.245 1.24e-08 1.00e-08
Gradient: 10.4 0.0006406 1.00e-07
Mu: 0.00100 1.00e-07 1.00e+10
Plots
Performance (plotperform)
Training State (plottrainstate)
Regression (plotregression)
Plot Interval: 1 epochs
Opening Regression Plot
Stop Training
Cancel

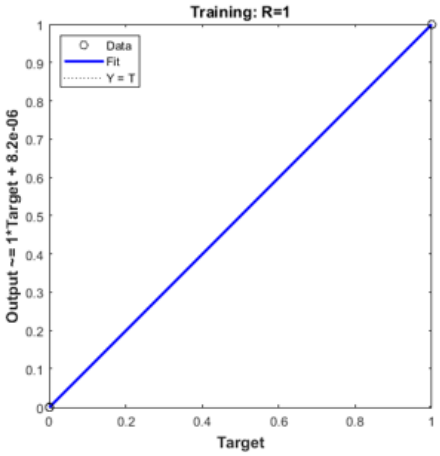
(a)


Best Training Performance is 1.2386e-08 at epoch 1000
Train
Best
Goal
Mean Squared Error (mse)
1000 Epochs

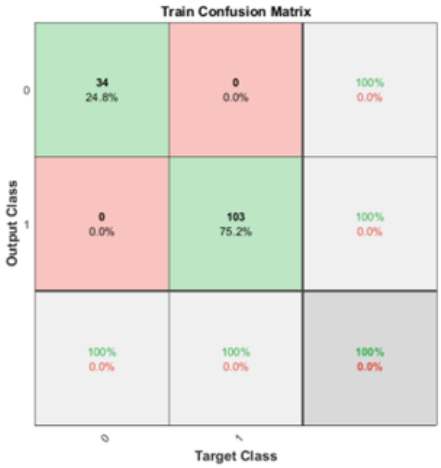
(b)


Gradient = 0.0006406, at epoch 1000
gradient
Mu = 1e-07, at epoch 1000
mu
Validation Checks = 0, at epoch 1000
val fail
1000 Epochs

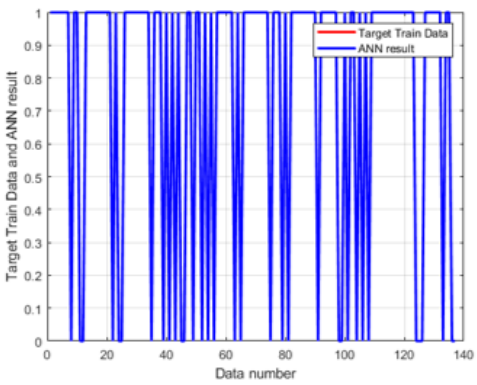
(c)


Training: R=1
Data
Fit
Y = T
Output ~= 1*Target + 8.2e-06
Target

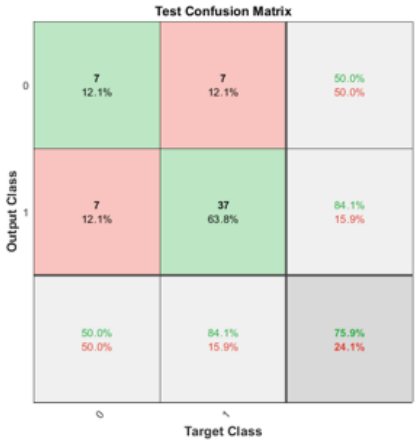
(d)



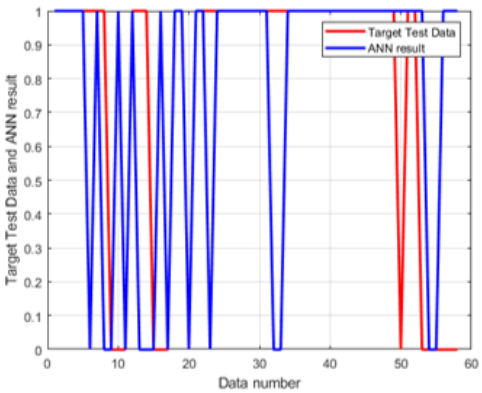
(e)



(f)



(g)



(h)

Figure 1. a) Training, b) Performance, c) Training state, d) Regression, e) Confusion train matrix, f) Train data result, g) Confusion test matrix, h) Test data result of first trial for (10-20-1) Neural network.

For the ANN the best accuracy average is obtained from the 10-20-1 scenario with 96,88%.

For the ANN experiment, a three layer feed-forward backpropogation neural network is simulated. Designed model is trained with Levenberg-Marquardt optimization. In the simulation model 10 trials are performed for each of 11 scenarios to find average accuracy of the model. . The prediction results of the 11 scenarios are calculated seperately to find average accuracy of the model. The highest average accuracy is obtained as 96,88% from the (10-20-1) scenario.

For SV M;

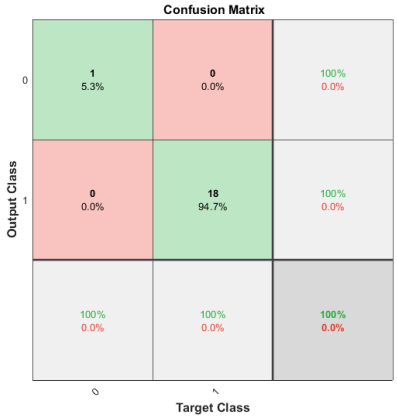
Best training average accuracy is obtained as 87,90% for train percentage is 0.9.

Table 3. Table result for 90% training sample

Trial	Sensitivity	Specificity	Precision	Accuracy
1	100	80	57.1	84.2
2	100	81.3	50	84.2
3	100	87.5	60	89.5
4	75	93.3	75	89.5
5	100	100	100	100
6	100	70.6	28.6	73.7
7	100	94.4	50	94.7
8	100	88.2	50	89.5
9	100	88.2	50	89.5
10	100	82.4	40	84.2
Average	97,50	86,59	56,07	87,90

In the training best results are obtained from the fifth trial with 100 % accuracy, sensivity and specify.

Figure 2. SVM Confusion train matrix of fifth trial for train percentage = 0.9.



For the SVM experiments, cross-validation methodology is used for the selection of training and testing data samples. Train percentage of SVM model is taken as 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 in order and each of them run for ten times. The prediction results of 10 trials are calculated the to find average accuracy of the model. The best average accuracy is found as 87,90% when the model run with %90 training set and %10 testing set of the used dataset.

2. CONCLUSION

The proposed system basically focuses on the comparison of the classification algorithms to provide the highest accuracy rate for the true prediction of PD. In the final stage, the classification results obtained from the proposed methods will be compared to obtain the highest accuracy. The highest average accuracy is obtained as 96,88 from the ANN (10-20-1) classification algorithm while the highest average algorithm is 87,90% from the SVM classifier for train percentage is 0.9. The highest average ANN test accuracy is 84.33% and achieved with ANN (7-18-1).

According to the experimental results, ANN classification algorithm produced higher accuracies than the SVM.

As an extension of this study, General Regression Network (GRNN) and Convolutional Neural network (CNN) classification algorithms will be analysed. CNN is

a sort of multi-layer feedforward network commonly used in digital image processing. Future work will be performed on the same dataset, to reach the best classification algorithm to diagnose the PD.

REFERENCES

Berus L., Klancnik S., Brezocnik M., Ficko M.(2019) Classifying Parkinson's Disease Based on Acoustic Measures Using Artificial Neural Networks, Sensors/ Basel- Switzerland. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)), 19(1):16.

Bhabad S.S, Borhade P.D.(2018) Computer aided Detection of Parkinson's disease using speech signal. IOSR Journal of VLSI and Signal Processing (IOSR-JVSP), Volume 8, Issue 5.

Erdogdu Sakar B., Isenkul M.E., Sakar C.O., Sertbas A., Furgen F., Delil S., Apaydin H., Kursun O.(2013) Collection and Analysis of a Parkinson Speech Dataset With Multiple Types of Sound Recordings. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, (17): 828-834.

Gharehchopogh F.S., Mohammadi P.(2013) A Case Study of Parkinson's disease Diagnosis using Artificial Neural Networks. International Journal of Computer Applications, Volume 73– No.19.

Gil D., Johnson M. Diagnosing Parkinson by using Artificial Neural Networks and Support Vector Machines. Global Journal of Computer Science and Technology,63-71.

Hirschauer TJ., Adeli H., Buford JA.(2015) Computer-Aided Diagnosis of Parkinson's Disease Using Enhanced Probabilistic Neural Network. J Med Syst. (39(11)):179.

Medium (2018). Cross Validation. https://medium.com/@yharsh800/boston-housing-cross-validation-35058593613b Accessed August 10,2019.

Michigan State University, (2019) Fundamental Frequency and the Glottal Pulse. https://msu.edu/course/asc/232/study_guides/F0_and_Glottal_Pulse_Period.html

Orozco J.R.,Vasquez J., Vargas-Bonilla J., Arora R., Dehak N., Nidadavolu P.S., Christensen H., Rudzicz F., Yancheva M., Chinaei H. R., Vanna., Vogler N., Bocklet T., Cerňak M., Hannink J., Noeth E.(2017). NeuroSpeech: An open-source software for Parkinson's speech analysis. Ditigal Signal Processing.

Özçift A.(2012) SVM Feature Selection Based Rotation Forest Ensemble Classifiers to Improve Computer-Aided Diagnosis of Parkinson Disease. Journal of Medical Systems. (36):2141-2147.

Parkinson's Foundation. (2019) What Is Parkinson's? Https://www.parkinson.org/understanding-parkinsons/what-is-parkinsons. Accessed october 10,2019.

Parkinson's Foundation. (2019) Statistics. http://www.parkinson.org/ Understanding-Parkinsons/Causes-and-Statistics/Statistics. Accessed October 8, 2019.

Saloni R., Sharma K., Gupta A. K. (2015) Voice Analysis for Telediagnosis of Parkinson Disease Using Artificial Neural Networks and Support Vector Machines. Intelligent Systems and Applications. 06, 41-47.

Sivas İl Sağlik Müdürlüğü. (2017) 11 Nisan Dünya Parkinson Günü. https://sivasism.saglik.gov.tr/TR,14002/11-nisan-dunya-parkinson-gunu.html. Accessed October 11, 2019.

Svozil D., Kvasnicka V., Pospichal J. (1997) Introduction to multi-layer feed-forward neural Network. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. Volume 39, 43-62.

UCI Machine Learning Repository. (2019) Parkinsons Data Set. , https://archive.ics.uci. edu/ml /datasets/parkinsons. Accessed May 11, 2019

Vásquez Correa J.C., Orozco Arroyave J.R., Arias-Londoño J.D., Vargas Bonilla J. F., Nöth E.(2014) New computer aided device for real time analysis of speech of people with Parkinson's disease. Publication of Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, no.72 Medellín.

Wertzner H.F.. Schreiber S.. Amaro L. Analysis of fundamental frequency, jitter, shimmer and vocal intensity in children with phonological disorders. Brazilian Journal Of Otorhinolaryngology. Volume 71. 2005:582-588.

ZEYTİNYAĞI DEODERİZE DİSTİLATINDAKİ FİTOSTEROLLERİN MONOLİTİK KOLON ve KEMOMETRİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

Arş. Gör. Dr. İsmail TARHAN
Selçuk Üniversitesi

ÖZET: Deoderizasyon, düşük basınçlarda (4-8 mmHg) ve yüksek sıcaklıklarda (180-200 ° C) buhar damıtma dahil olmak üzere arıtma işleminin son adımıdır. Bu işlemde serbest yağ asidi, pestisitler, herbisitler, kokular (aldehitler ve ketonlar) dahil olmak üzere istenmeyen maddeleri uzaklaştırmak için, yenilebilir yağlara su buharı gönderilmektedir. Deoderizasyon adımının aşırı koşullarının bir sonucu olarak, yağda kalması istenen değerli biyoaktif bileşikler, yağdan uzaklaşmakta ve deoderize distilatında birikmektedir. Fitosteroller, tokoferoller, skualen, vb., yenilebilir yağların biyoaktif bileşikleri olarak adlandırılmakta ve yenilebilir yağların en önemli kısımlarının çoğunu oluşturmaktadırlar. Fitosteroller, zeytinyağı deodorant distilatının (OODD) ana bileşiklerinden biridir. Özellikle zeytinyağının kalitesini ve kökenini belirlemede kullanılmaktadır. Ayırma yöntemleri alanlarında, biyoaktif bileşiklerin ayrılması için monolitik kolonlar çokça kullanılmaktadır. Tek bir üniteden oluşan yüksek akış hızlarında bile düşük kolon basıncına sahip olma bakımından üstün özellikleri nedeniyle bugünün favori ayırma tekniklerinden biridir ve gözenekli yapısı geleneksel kromatografi kolonlarından daha iyi ayırma özellikleri gösterebilmektedir. Bu çalışmada, OODD'de fitosterollerin belirlenmesi için monolitik kolon ve kemometri kullanılarak yeni bir yöntem incelenmiştir. Sonuçlar OODD'nin kampesterol (11.77 ± 0.25 mg / kg), β-sitosterol (14.67 ± 0.30 mg / kg) ve stigmasterol (108.56 ± 0.18 mg / kg) sterol türlerini içerdiğini göstermektedir. Ayrıca, geliştirilen yöntemin doğrulanması da istatistiksel metotlar kullanılarak yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deoderize distilat, Fitosterol, Monolitik kolon, Zeytinyağı.

Determination of Phytosterols in Olive Oil Deoderizer Distillate Using Monolithic Columns and Chemometrics

ABSTRACT: Deodorization is the final step of the refining process including steam distillation at low pressures (4-8 mmHg) and high temperatures (180-200°C). In order to remove unwanted substances including free fatty acid, pesticides, herbicides, odours (aldehydes and ketones), water steam is sent into

the edible oils. As a result of the extreme conditions of the deodorization step, valuable bioactive compounds desired to remain in the oil move away from the oil and accumulate in the deodorizer distillate. Phytosterols, tocopherols, squalene, etc. are called as the bioactive compounds of edible oils and they compose of most of the unsaponifiable fraction of edible oils. Phytosterols are one of the main compounds of olive oil deodorizer distillate (OODD). They are especially used in determining the quality and origin of olive oils. In the fields of separation methods, monolithic columns have been broadly used for separation of bioactive compounds. They are one of today's favorite separation techniques due to their superior features in terms of having low column pressure even at high flow rates, consisting of a single unit and the their porous structure can shows better separation properties than traditional chromatography columns. In this study, a new method for determintion of phytosterols in OODD has been investigated using monolithic columns and chemometrics. The results showed that OODD has campesterol (11.77 ± 0.25 mg/kg), β-sitosterol (14.67 ± 0.30 mg/kg) and stigmasterol (108.56 ± 0.18 mg/kg). Also, the validation of the developed method has been done.

Keywords: Deodorizer Distillate, Monolithic column, Olive oil, Phytosterol.

1. GİRİŞ

Dünyada ve Ülkemizde her yıl milyonlarca ton ham yağ içerdiği safsızlıkların uzaklaştırılması amacıyla rafine edilmektedir. Ülkemizde ise senede 1.500.000 ton ham yağ, rafinasyon işlemine tabi tutulmakta ve bu proseste büyük miktarlarda önemli yan ürünler elde edilmektedir. Birçok biyoaktif bileşenin yağdan uzaklaşıp distilata geçtiği deoderizasyon kademesinde yağın %1'i kadar deoderize distilat oluşmaktadır. Başta küçük gibi görünen bu oranın, yılda rafine edilen yağ miktarı dikkate alındığında (15.000 ton) önemi anlaşılmaktadır (Tarhan, 2018).

Zeytinyağı üretiminde lider ülkeler arasında olan ülkemizde direkt kullanımı uygun olmayan milyonlarca ton zeytinyağı fiziksel ya da kimyasal rafinasyon yöntemleriyle kullanıma uygun hale getirilmektedir. Bu işlemler esnasında birçok kademede önemli yan ürünler oluşmaktadır. Bunlardan en önemlisi ve en büyük katma değere sahip olanı, deoderizasyon kademesinde meydana gelen deoderize distilattır. Yağa koku, tat-aroma, asitlik ve renk veren maddelerin uzaklaştırıldığı bu aşamada, ulaşılan yüksek sıcaklıklar sebebiyle, zeytinyağında yüksek miktarlarda bulunan başta tokoferol, sterol ve skualen v.b., maddeler olmak üzere doğal antioksidan özelliğine sahip ve yağda bulunması istenen çeşitli biyoaktif bileşenler yağdan uzaklaşıp distilata geçmekte ve atık olarak değerlendirilmektedir. İlgili biyoaktif bileşenlerin en önemlileri tokoferol türevleri (α-, β-, γ-, δ-), fitosterol türevleri (Birassikasterol,

kampesterol, stigmasterol, sitosterol) ve skualendir. Yüksek katma değere sahip olan ve genellikle ithal edilen bu önemli biyoaktif bileşenlerin distilat içerisindeki türlerinin ve miktarlarının kolaylıkla belirlenebilmesi, bu maddelerin geri kazanılması ve değerli ürünlere dönüştürülmesi açısından ayrı bir öneme sahip olmaktadır.

Günümüzde ayırma metotlarının kullanıldığı alanlarda, özellikle biyokimya alanında yapılan ayırmalarda monolitik kolonlar sıklıkla öne çıkmaya başlamıştır. Yüksek akış hızlarında dahi düşük kolon basıncına sahip olması, tek bir birimden oluşması, kolon içerisinde sentezlenebilmesi, karışık matrislerde bulunan ve ayrılması hedeflenen biyomoleküller için doğal sensör özellikleri gösterebilmesi ve sahip oldukları gözenekli yapıları ile geleneksel kolonlara göre daha iyi ayrım özellikleri gösterebilmelerinden dolayı monolitik kolonlar, günümüzün gözde ayırma tekniklerinden biridir.

Gerçekleştirilmiş olan bu çalışmanın amacı; zeytinyağının rafinasyonu esnasında deoderizasyon kademesinde elde edilen deoderize distilatının içerdiği sterol türlerinin standart metotlarla incelenmesi ve sterol türleri gibi katma değeri yüksek ve insan sağlığı açısından son derece önemli biyoaktif bileşenin, standart kromatografik metotlarla karşılaştırarak üstün ayırma özelliklerine sahip monolitik kolonlarla tayinlerini incelemektir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Kullanılan Numune ve Kimyasallar

Analizi yapılan OODD numunesi yerel bir yağ rafinasyon tesisinden temin edilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan tüm kimyasallar ve çözücüler metoduna göre analitik veya kromatografik saflıkta olup başlıca Merck, Fluka, Sigma-Aldrich, Supelco ve LabScan firmalarından temin edilmiştir.

2.2. Sterol Miktarının Standart Gaz Kromatografisi İle Tayini

2.2.1. Numunelerin Hazırlanması

OODD numunesinin sterol miktarlarının tayini için COI'nın standart COI/T.20 metodu (COI 2010) kullanılmıştır. İlgili metoda göre uygun ve temiz bir balon içerisine analizi yapılacak numuneden yaklaşık 10.0 g tartılmış ve iç standart olarak 500 µL α-kolestanol (10,000.00 mg/L) ilave edilmiştir. Ardından balona 1N 100 mL etanolde çözülmüş KOH ilave edilerek geri soğutucu ile 90 ^{o}C'de 1 saat kaynatılarak sabunlaştırılmıştır. Sabunlaştırılan numune dietileter ile ekstrakte edilmiş ve ayrılan organik faz 4 kez saf su ile ekstrakte edilerek yıkanmıştır. Elde edilen organik fazın çözücüsü döner buharlaştırıcı vasıtasıyla uzaklaştırılmış ve tartılmıştır.

Kalan kısım 1 mL kloroformda çözülmüş ve 200 µL'lik kısmı alınarak tekrar çözücüsü uzaklaştırılmıştır. Çözücüsü uzaklaştırılan kısma 250 µL susuz piridin ve 250 µL bis(trimetilsilil)trifloroasetamit (BSTFA) ilave edilerek silillenmiştir. Silillenen numuneler 25 mm PTFE şırınga filtreden geçirilmiş ve 1.5 mL hacme sahip kapaklı cam viallere doldurularak analize hazır hale getirilmiştir.

2.2.2. Kromatografik Şartlar

Sabunlaştırılan ve silillenen numune ilk önce hangi sterol türlerini içerdiğini tespit etmek amacıyla otomatik analiz yapabilen ve MS dedektöre sahip Agilent 7890N-5975C (CA, ABD) GC cihazında analizi gerçekleştirilmiştir. GC-MS cihazında tespit edilen sterol türlerinin miktarlarının tayini ise otomatik analiz yapabilen ve FID dedektörüne sahip Agilent 7890 (CA, ABD) GC cihazında gerçekleştirilmiştir. Her iki cihaz da Chemstation (CA, ABD) yazılımı ile kontrol edilmiştir. Analize hazır numuneler GC-MS ve GC-FID cihazlarında COI'nin standart metoduna göre (COI, 2010) analiz edilmiştir. İlgili metoda ait kromatografik şartlar sırasıyla Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Sterol Tayini GC-MS Kromatografik Şartları (COI 2010)

Sabit Faz (Kolon)	Agilent HP-5MS (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm) (5%-Phenyl)-methylpolysiloxane		
Hareketli Faz	H_2		
Hareketli Faz Akış Hızı (mL/dk)	1.0		
Dedeksiyon	MS Kaynak sıcaklığı: 230 ºC eV: 70 amu: 10-700		
Analiz Süresi (dk)	60		
Split	Splitless		
Enjeksiyon Miktarı (µL)	1		
Enjeksiyon Bloğu Sıcaklığı (ºC)	280		
Kolon Fırını Sıcaklığı	ºC/dk	ºC	dk
		80	2
	15	280	20

Çizelge 2.2. Sterol Tayini GC-FID Kromatografik Şartları (COI 2010)

Sabit Faz (Kolon)	Agilent HP-88 (100m, 0.25mm, 0.25 µm) (%88 siyanopropil)-metilarilpolisiloksan		
Hareketli Faz	He		
Hareketli Faz Akış Hızı (mL/dk)	1.0		
Dedeksiyon	FID Sıcaklık: 250 °C, Kuru hava: 300 mL/dk, Hidrojen: 30 mL/dk, Make up (He): 10 mL/dk		
Analiz Süresi (dk)	60		
Split	Splitless		
Enjeksiyon Miktarı (µL)	1		
Enjeksiyon Bloğu Sıcaklığı (°C)	280		
Kolon Fırını Sıcaklığı	°C/dk	°C	dk
		80	2
	15	280	20

2.2.3. Metodun Kalibrasyonu

Numunenin içerdiği sterol türleri GC-MS cihazı ile tespit edildikten sonra miktarları GC-FID cihazı ile tespit edilmiştir. Sterol miktarları tayin edilmek istenen numunelerin, Çizelge 2.2'deki şartlara göre GC-FID cihazında enjeksiyonları yapılmış ve kromatogramları elde edilmiştir. Elde edilen kromatogramlarda, miktarı tam olarak bilinen α-kolestanol'ün pik alanından faydalanarak ve Denklem 2.1 kullanılarak diğer sterol türlerinin miktarları tespit edilmiştir.

$$Sterol\ mg/kg = \frac{\text{Ax.ms.1000}}{\text{As.m}} \qquad (2.1)$$

Ax: Sterol pikinin alanı

As: İç standart pik alanı

ms: Eklenen iç standardın mg miktarı

m: Numune g miktarı

2.3. Deneysel Tasarım

Monolitik kolon kullanarak 3 sterol türünün (kampesterol, β-sitosterol ve stigmasterol) kantitatif olarak tayini için, hareketli faz polaritesi (P'), hareketli faz akış hızı (mL/dk) ve kolon fırını sıcaklığı (^oC) parametrelerinin optimum değerleri kemometrik yöntemlerden faydalanılarak tespit edilmiştir. Çizelge 2.3'de optimizasyonu yapılacak parametreler ve kodlanmış seviye değerleri verilmiştir. 1.68 seviyesi, üç bağımsız değişken için ortogonal merkezi kompozit tasarımın eksen noktasını temsil etmektedir.

Çizelge 2.3. Sterol Türlerinin Tayini İçin Optimizasyonu Yapılacak Olan Parametreler ve Kodlanmış Seviye Değerleri

Seviye	-1.68179	-1	0	+1	+1.68179
Hareketli faz polaritesi (P')	6.16	6.50	7.00	7.50	7.84
Hareketli faz akış hızı (mL/dk)	1.66	2.00	2.50	3.00	3.34
Kolon Fırını Sıcaklığı (^oC)	21.59	25.00	30.00	35.00	38.41

Çizelge 2.3'deki seviyeler, HPLC sisteminin çalışma prensipleri göz önünde bulundurularak seçilmiştir. HPLC sisteminde yüksek akış hızlarının, fazla çözücü harcaması sebebiyle deneysel tasarımın ikinci faktörü olan akış hızı için seviye değerleri 1.66 – 3.34 mL/dk olarak seçilmiştir. Ayrıca HPLC sisteminin kolon fırını bölmesinin uygun çalışma aralığı 20 – 40 ^oC olduğu için deneysel tasarımın sıcaklık faktörü için seviye değerleri 21.59- 38.41 ^oC olarak seçilmiştir. Monolitik kolon kullanarak 3 sterol türünün (kampesterol, β-sitosterol ve stigmasterol) kantitatif olarak tayini için 5 seviyeli 3 faktörlü kısmi bir deneysel tasarım kullanılmıştır (Brereton, 1997). İlgili tasarım Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Sterol Türlerinin Tayini İçin Kullanılan Deneysel Tasarım Ve Her Bir Deneyde Parametrelerin Sahip Olduğu Seviye Kodları

Tasarım Sırası	Hareketli faz polaritesi (P')	Hareketli faz akış hızı (mL/dk)	Kolon fırını sıcaklığı (°C)	Analiz Sırası
1	-1	-1	-1	2
2	1	-1	-1	16
3	-1	1	-1	4
4	1	1	-1	19
5	-1	-1	-1	3
6	1	-1	-1	17
7	-1	1	-1	5
8	1	1	-1	18
9	-1.68179	0	0	1
10	1.68179	0	0	20
11	0	-1.68179	0	6
12	0	1.68179	0	7
13	0	0	-1.68179	8
14	0	0	1.68179	9
15	0	0	0	10
16	0	0	0	11
17	0	0	0	12
18	0	0	0	13
19	0	0	0	14
20	0	0	0	15

Analizler tasarımdaki sıraya göre yapılmak istendiğinde bazı zorluklar meydana gelmektedir. Örneğin; faktörlerin seviyeleri arasındaki geçişler düşünüldüğünde, deney esnasında en çok zaman harcayan seviye geçişleri hareketli fazın polaritesine ait olmaktadır. Çünkü bu faktörün seviyesi değiştirilmek istendiğinde, tüm sistemin bu yeni polarite değerine sahip çözelti ile şartlandırılması gerekmekte ve bu da zaman kaybına sebebiyet vermektedir. Bu sebeple Çizelge 2.4'de verilmiş olan deney sıraları, tasarımın yapısı gözetilerek değiştirilmiştir.

2.4. Model Eşitliği ve Cevap Değeri

Kemometrik yöntemlerden faydalanarak sterol türlerinin tayini için 3 sterol türünü (kampesterol, β-sitosterol ve stigmasterol) içeren bir standart karışım hazırlanmış ve Çizelge 2.4'de verilen her bir deneysel koşula göre aynı anda ve 3 tekrarlı olarak HPLC sistemine enjekte edilmiştir. Her bir analizden elde edilen kromatogramlar kullanılarak o analize ait kromatografik ayırma gücü (R_s) hesaplanmıştır. Kromatografik ayırma gücü hesaplanırken, birbirine en yakın iki pik dikkate alınmıştır. Bu şekilde Çizelge 2.4'deki her bir deneysel koşuldan bir R_s değeri elde edilmiş ve Denklem 2.2 kullanılarak her bir deneysel koşul için cevap değeri oluşturulmuştur. Gerçekleştirilmiş olan bu çalışma kapsamında ayrılmaları sağlanan biyoaktif türlerin, preparatif seviyede de ayrımlarını başarabilmek için yapılmış olan tüm kromatografik ayırmalarda birbirine en yakın çıkan iki pik için R_s değerinin 3.6'ya eşit ya da yakın olması istenmiştir. Bu sebeple cevap değeri olarak, her bir deneysel tasarımdan elde edilen R_s değeri 3.6'dan çıkarılıp mutlak değeri alınmış ve elde edilen değerin de tersi bulunarak cevap değeri oluşturulmuştur. Bu sayede elde edilen R_s değerleri, artan değerlerle ifade edilmiştir. Cevap değeri en büyük değere sahip olan tasarım en iyi tasarım olarak değerlendirilmiştir.

Cevap değeri: $\frac{1}{|Rs-3.6|}$ (2.2)

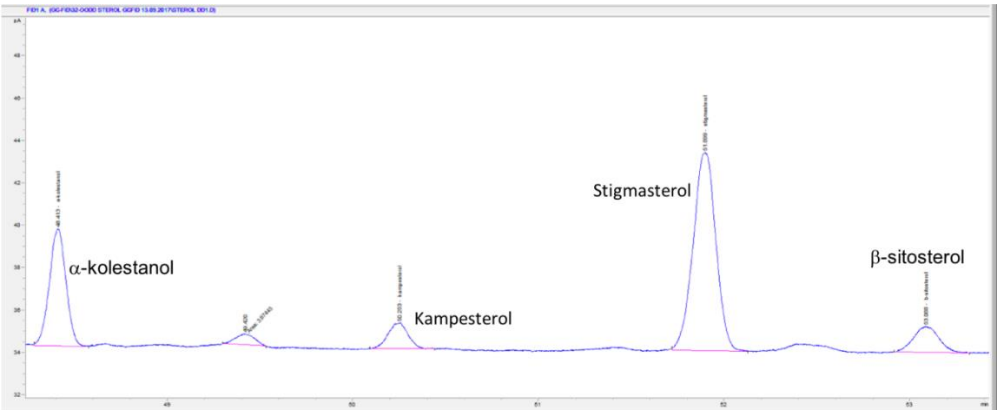
Elde edilen cevap değerleri, yüzey grafiklerinin çizdirilmesine imkan veren kuadratik model eşitliğin hesaplanmasında kullanılmıştır. Kemometrik yöntemlerden faydalanarak sterol türlerinin tayini için optimize edilen hareketli faz polaritesi, hareketli faz akış hızı ve kolon fırını sıcaklığı parametreleri için 3 adet yüzey grafiği çizdirilerek optimum değerler tespit edilmeye çalışılmıştır.

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

3.1. Sterol Miktarının Standart Gaz Kromatografisi İle Tayini

Çalışma kapsamında sabunlaştırılan ve sililleneen OODD numunesinin içerdiği sterol türleri, GC-MS cihazı ile tespit edildikten sonra miktar tayini için daha hassas

bir detektöre sahip GC-FID cihazı kullanılmıştır. Şekil 3.1'de OODD numunesinin sterol türlerinin kromatogramı verilmiştir.



Şekil 3.1. OODD Numunesinin Sterol Türlerine Ait Kromatogramı

Kullanılmış olan kromatografik metoda göre sterol türlerinin çıkış sırası alfa kolestanol, kampesterol, stigmasterol ve beta-sitosterol şeklinde olmuştur. Elde edilen kromatogramda, miktarı tam olarak bilinen iç standart α-kolestanol'ün pik alanından faydalanarak diğer sterol türlerinin miktarları tespit edilmiş ve Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. OODD Numunesinin Sterol Miktarları

	Kampesterol (mg/kg)	**Stigmasterol (mg/kg)**	**β-sitosterol (mg/kg)**	**Toplam sterol (mg/kg)**
OODD ± SD	12.73 ± 0.54	109.92 ± 2.04	15.76 ± 0.40	138.41 ± 2.67
Literatür	-	-	-	120-250 (Gutiérrez ve ark 2014)

Yapılmış olan çalışmada kullanılan OODD numunesinin sterol miktarı literatüre uygun bir aralıkta çıkmıştır. En yüksek değer stigmasterol türünden elde edilmiştir.

3.2. Deneysel Tasarım

Monolitik kolon kullanarak 3 sterol türünün (kampesterol, β-sitosterol ve stigmasterol) kantitatif olarak tayini için, hareketli faz polaritesi (P'), hareketli faz akış hızı (mL/dk) ve kolon fırını sıcaklığı (°C) parametrelerinin optimum değerlerinin tespiti Çizelge 2.3'de verilen seviye değerleri ve Çizelge 2.4'de verilen deneysel tasarım kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre (Çizelge 3.2) quadratik polinomal model eşitliği hesaplanmış ve Denklem 3.1'de verilmiştir.

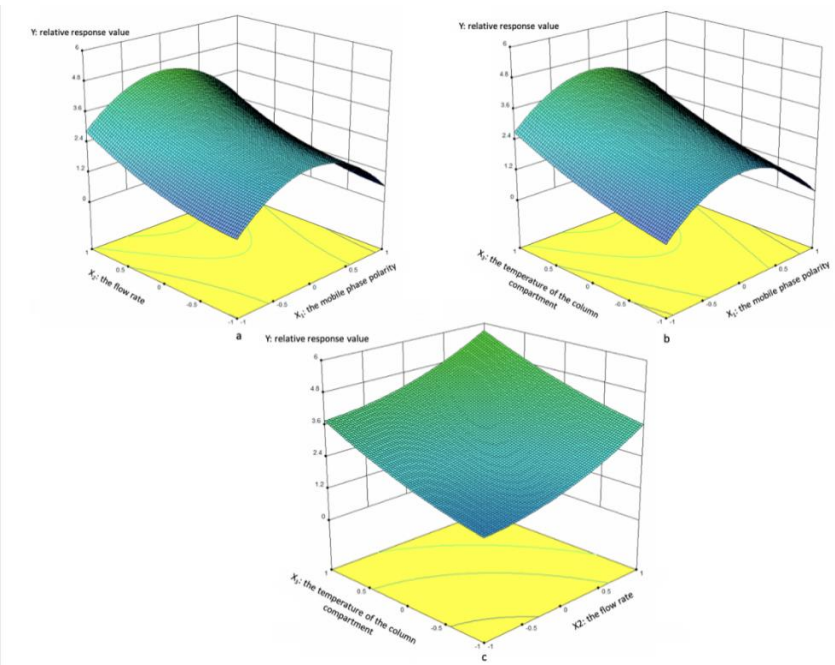
$$Y= 3.09705 - 0.144229A + 0.964513B + 1.03185C + 0.020625AB + 0.043125AC - 0.000875BC - 1.73026A^2 + 0.407499B^2 + 0.220823C^2 \quad (3.1)$$

Çizelge 3.2. Sterol Türlerinin Kromatografik Ayrım Parametrelerinin Tayini İçin Kullanılacak Olan Yüzey Grafiklerinin Elde Edilmesinde Kullanılan Bağımsız Değişkenlerin Seviyeleri ve Elde Edilen Cevap Değerleri

Analiz Sırası	Bağımsız Değişkenler						Y (Cevap Değeri)
	A (Hareketli faz polaritesi (P'))	Seviyesi	B (Hareketli faz akış hızı (mL/dk))	Seviyesi	C (Kolon fırını sıcaklığı (°C))	Seviyesi	
1	6.16	-1.68179	2.50	0	30.00	0	0.455
2	6.50	-1	2.00	-1	25.00	-1	0.777
3	6.50	-1	2.00	-1	35.00	1	0.683
4	6.50	-1	3.00	1	25.00	-1	0.710
5	6.50	-1	3.00	1	35.00	1	0.608
6	7.00	0	1.66	-1.68179	30.00	0	2.406
7	7.00	0	3.34	1.68179	30.00	0	10.309
8	7.00	0	2.50	0	21.59	-1.68179	1.626
9	7.00	0	2.50	0	38.41	1.68179	10.033
10	7.00	0	2.50	0	30.00	0	2.899
11	7.00	0	2.50	0	30.00	0	2.988
12	7.00	0	2.50	0	30.00	0	3.003
13	7.00	0	2.50	0	30.00	0	2.964
14	7.00	0	2.50	0	30.00	0	3.055
15	7.00	0	2.50	0	30.00	0	2.950
16	7.50	1	2.00	-1	25.00	-1	0.272
17	7.50	1	2.00	-1	35.00	1	0.346
18	7.50	1	3.00	1	35.00	1	0.358
19	7.50	1	3.00	1	25.00	-1	0.283
20	7.84	1.68179	2.50	0	30.00	0	0.177

Cevap değerleri ile bağımsız değişkenlerin seviyeleri arasındaki ilişkiyi görselleştiren ve bu sayede değişkenlerin optimum noktalarının tespitini mümkün kılan yüzey grafikleri, Denklem 3.1'deki polinomal quadratik model kullanılarak çizdirilmiştir. Hareketli fazın polaritesi-hareketli fazın akış hızı, hareketli fazın polaritesi-kolon fırını sıcaklığı ve hareketli fazın akış hızı-kolon fırını sıcaklığı etkileşimlerini gösteren ikili yüzey grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 3.2)

Şekil 3.2. Sterol Türlerinin Ayrımında Hareketli Fazın Polarite Ve Akış Hızı Parametrelerinin Optimizasyonu İçin Oluşturulan Yüzey Grafiği



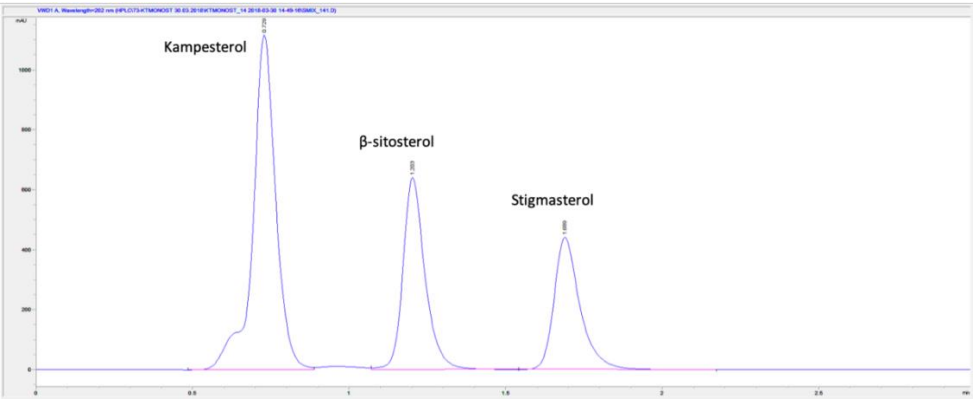
3 yüzey grafiği (Şekil 3.2) birlikte değerlendirildiğinde, sterol türlerinin monolitik kolonla ayrımında kullanılacak olan parametrelerin optimum değerleri hareketli fazın polaritesi için 7.00; hareketli fazın akış hızı için 3.34 mL/dk ve kolon fırını sıcaklığı için ise 38.41 ^{o}C olarak tespit edilmiştir. Fakat yüksek akış hızları daha çok kimyasal atığa yol açacağı ve analiz maliyetlerini de arttıracağı için hemen hemen aynı yükseklikte cevap değeri veren ve daha düşük bir akış hızına sahip olan 9 numaralı deneysel tasarım, sterol türlerinin ayrımı için seçilmiştir. Bu tasarımın şartları,

sterol türlerinin monolitik kolonla ayrımı için optimum şartlar olarak seçilmiş ve Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Sterol Türlerinin Monolitik Kolonla Ayrımı İçin Tespit Edilen Optimum Kromatografik Şartlar

Sabit Faz (Kolon)	Merck Chromolith Performance RP-18 100mmx4.6mm Monolitik kolon
Hareketli Faz	%63Metanol-%37Su
Hareketli Faz Polaritesi	7.00
Hareketli Faz Akış Hızı (mL/dk)	2.50
Dedeksiyon	UV-VIS 202 nm
Analiz Süresi (dk)	2
Enjeksiyon Miktarı (µL)	20
Kolon Fırını Sıcaklığı (°C)	38.41
Ulaşılan Kolon Basıncı (Bar)	85

Çizelge 3.3'de verilen kromatografik şartlarda analizi yapılan 3 sterol türünün (kampesterol, β-sitosterol ve stigmasterol) analizinden elde edilen kromatogram Şekil 3.3'de verilmiştir.



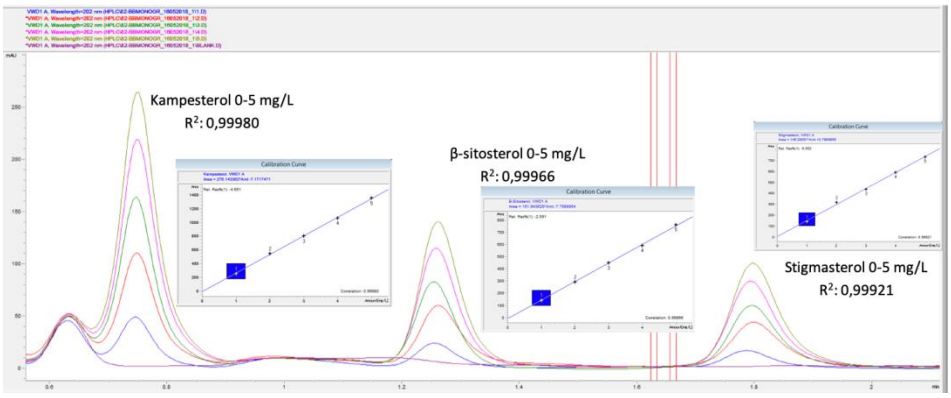
Şekil 3.3. Sterol Türlerinin Monolitik Kolon Kullanılarak Optimum Şartlarda Gerçekleştirilen Analizinin Kromatogramı

3.3. Geliştirilen Metodun Kalibrasyonu ve Validasyonu

Geliştirilen metodunun kromatografik parametrelerinin optimizasyonu gerçekleştirildikten sonra, içeriği bilinmeyen OODD numunelerinin kantitatif olarak tayini için ilgili metodun kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 0-5 mg/L sterol

türlerinden hazırlanan kalibrasyon standartlarının geliştirilen metot parametrelerine göre HPLC sistemine enjekte edilmiş ve kalibrasyon grafikleri elde edilmiştir (Şekil 3.4).

Şekil 3.4. Geliştirilen Metodunun Kalibrasyonu İçin Hazırlanan Standart Sterol Karışımlarının Verdiği Pikler Ve Kalibrasyon Grafikleri



Geliştirilen metodunun validasyonu için temin edilen OODD numunesi sabunlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Sabunlaştırılan ve analize hazır hale gelen OODD numunesi 3 tekrarlı olarak optimize edilen metoda göre HPLC sistemine enjeksiyonu yapılmıştır. Analizden elde edilen sonuçlar Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. OODD Numunesinin Sterol Türlerinin Geliştirilen Metot İle Elde Edilen Miktarları

Tür	**Miktarı (mg/kg ± SD)**
Kampesterol	11.77 ± 0.25
Beta-sitosterol	14.67 ± 0.30
Stigmasterol	108.56 ± 0.18
Toplam sterol	135.00 ± 0.48

OODD numunesinin standart metotla ve geliştirilen metotla elde edilen toplam sterol miktarları karşılaştırmalı olarak Çizelge 3.5'de verilmiştir. Ayrıca her iki metottan elde edilen sonuçlar arasında anlamlı bir farkın olup olmadığının kontrolü için yapılan T testi verileri de Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. OODD Numunesinin Standart Ve Geliştirilen Metotla Elde Edilen Toplam Sterol Miktarlarının Karşılaştırılması

Metot	**Toplam Sterol (mg/kg)**	**y**	**w**	**T_d**	**T_d kritik (P: 0.05)**
Standart ± SD	138.41 ± 2.67	138.41	5.34	1.08	1.27
MA2 ± SD	135.00 ± 0.48	134.00	0.96		

Çizelge 3.5'de OODD numunesinin hem standart metotla hem de geliştirilen metottan bulunan toplam sterol değerleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca her iki metottan elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığının kontrolü için T testi uygulanmıştır. Tüm değerler için hesaplanan T_d değeri, kritik T_d değerinden küçük çıkmıştır ve sıfır hipotezi reddedilemez. Bu sebeple iki metottan elde edilen ortalama değerlerin, P: 0.05 ihtimaliyet seviyesinde birbirinden farklı olmadığı tespit edilmiştir. OODD numunesinin toplam sterol türlerinin geliştirilen metot ile tayininden elde edilen diğer istatistiksel veriler Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. OODD Numunesinin Toplam Sterol Miktarının Geliştirilen Metot İle Tayininden Elde Edilen İstatistiksel Veriler

İstatistiksel Parametre	**Değer**	**Açıklama**
SD	0.48	3 tekrar
RSD	%0.36	P: 0.05
s^2	0.23	
cv	%0.036	
LOD	1.44	SSx3
LOQ	4.80	SSx10
Doğruluk (Bağıl hata)	% 2.46	%5'ten az olmalı

Monolitik kolon kullanılarak geliştirilen metot ile, standart metotla tayin edilen sterol biyoaktif türleri, monolitik kolon kullanılarak tek boyutta ve tek bir analiz metoduyla tayin edilebilmiştir. İlgili metodun hareketli faz polaritesi (P'), hareketli faz akış hızı (mL/dk) ve kolon fırını sıcaklığı (^oC) gibi önemli parametreleri kemometrik yöntemler ve deneysel tasarımlardan faydalanılarak optimize edilmiştir. Ha-

reketli faz olarak farklı oranlarda metanol-su kullanılmış ve bu şekilde analiz esnasında hareketli fazın polaritesi değiştirilebilmiştir. Standart maddelerle kalibrasyonu; OODD numunesi ile de validasyonu gerçekleştirilen metodun, sabunlaştırılmış herhangi bir yenilebilir yağ ya da bir DD numunesinde bulunan tüm sterol türlerini başarılı bir şekilde, tek bir analizle ve yüksek doğrulukla tespit edebildiği görülmüştür.

REFERANSLAR

BRERETON, R.G. (1997). "Multilevel Multifactor Designs for Multivariate Calibration", Analyst, (12): 1521-9.

COI. (2010) International Olive Oil Council Official Method: Determination of The Composition and Content of Sterols by Capillary-Column Gas Chromatography, Madrid, Spain, International Olive Oil Council, Method No:COI/T.20.

Tarhan, İ. (2018) "Zeytinyağı Distilatındaki Biyoaktif Bileşenlerin Monolitik Kolonla İncelenmesi", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

ŞANLIURFA İLİ BİYOKÜTLE KAYNAKLARI ve BİYOEKONOMİK ÇIKTILARI

Dr. Mine Nazan KERİMAK ÖNER
Kocaeli Üniversitesi

ÖZET: Hızla artan nüfus, artan ihtiyaçlar ve ihtiyaçların karşılanması çabası beraberinde büyük miktarda enerji gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Ülkelerin kalkınmışlık seviyesindeki en önemli göstergelerden bir tanesi ülke çapında tüketilen enerji miktarıdır. Fosil kökenli enerji kaynaklarının sınırlı olması ve kullanımlarının doğal yasam ve çevreye geri dönüşümsüz zararlar vermesi hem Dünya hem de insan nesli için ciddi tehdit oluşturmaktadır. Günümüzde fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminin gerekliliği artık yadsınamaz bir gerçektir.

Biyokütle; kolaylıkla bulunabilir, çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmayan, enerjisi tükenmeyen özellikle de kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olan avantajlı yenilenebilir enerji kaynağıdır. Tüm bu avantajlar biyokütleyi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu gibi uygun ve önemli bir enerji kaynağı haline getirmektedir. Biyokütle enerjisi tüm dünyada geniş bir uygulama alanına sahip bir enerji türü iken ülkemizde henüz çok dikkat çekmemiştir. Bu sebeple; Ülkemizde biyokütle ve biyokütle enerjisi ile yapılan çalışmalar son derece değerli ve önem arz eden çalışmalardır.

Sunulan bu çalışmada; Şanlıurfa İli biyokütle potansiyeli araştırılmış ve ilin sahip olduğu biyokütle varlığının kullanılabilirliği değerlendirilmeye çalışılmıştır. İl genelinde ana geçim kaynağının tarım ve hayvancılık olması sebebiyle, bu alandan ortaya çıkan tarım ve hayvan atıklarının kullanılabilirliği incelenmiştir. Ayrıca, biyokütle enerji kaynaklarından olan kentsel atıkların organik fraksiyonu mutfak çöplerinden yararlanılabilirlik de kent bazında değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Kaynağı, Biyokütle, Tarımsal Atık, Hayvansal Atık, Kentsel Atık, Enerji Üretimi

Biomass Resources of Şanlıurfa Province and It's Bioeconomic Outputs

ABSTRACT: Rapidly increasing population, increasing needs and efforts to meet the needs have brought about a large amount of energy needs. One of the most important indicators of the development level of countries is the amount of energy consumed throughout the country. The limited availability

of fossil energy sources and their irreversible damage to natural life and the environment pose a serious threat to both the Earth and the human generation. Today, the necessity of producing energy from renewable energy sources instead of fossil fuels is an undeniable fact.

It is an advantageous renewable energy source which can be easily found, does not have negative impacts on the environment, is not exhausted and helps socio-economic developments especially in rural areas. All these advantages make biomass a suitable and important source of energy as in other renewable energy sources. While biomass energy is a type of energy that has wide application area all over the world, it has not attracted much attention in our country yet. Therefore; The studies carried out with biomass and biomass energy in our country are extremely valuable and important studies.

In this study; the biomass potential of Şanlıurfa province was investigated and the usability of the biomass presence of the province was evaluated. Since the main source of livelihood is agriculture and animal husbandry throughout the province, the usability of agricultural and animal wastes arising from this area has been examined. In addition, the organic fraction of the urban wastes, which are biomass energy sources, has been tried to be evaluated on the basis of the city.

Key words: Renewable Energy Source, Biomass, Agricultural Waste, Animal Waste, Urban Waste, Energy production

GİRİŞ

Yenilenebilir enerji, başta enerji arz güvenliği ve sera gazı emisyonlarının azaltımı olmak üzere çeşitli nedenlerle enerji sektörünün vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Genel olarak fosil yakıtlı ve konvansiyonel enerji kaynaklarına dayalı enerji üretim yatırımlarına kıyasla daha yüksek ilk yatırım maliyeti olan yenilenebilir enerji, çoğu ülkede ve ülkemizde çeşitli mekanizmalar ile kamu tarafından desteklenmektedir. Dünya toplam birincil enerji arzının yaklaşık %10'unu oluşturan biyokütle, ısıtma ve ulaşımdaki kullanımının yanı sıra, elektrik üretimi amacıyla da kullanılmaktadır. Elektrik üretiminde biyokütle enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgardan sonra ikinci sırada gelmekte, güneş enerjisine dayalı üretim ise üçüncü sırada gelmektedir.

Yüzyıllardır geleneksel ve ağırlıklı olarak evsel ısıtmada kullanılan biyokütle, gelişen enerji teknolojileri sayesinde ulaşımda ve elektrik üretiminde kullanılmaya başlanmış ve biyokütle yatırımlarına verilen kamu teşvikleri ile de hızlı bir gelişim dönemine girmiştir. Halen ağırlıklı olarak gelişmekte olan ülkelerde olmak üzere biyokütle kaynaklı birincil enerji arzının %70'den fazlası evsel ısıtma amacıyla kullanılmakta olsa da, modern biyokütle olarak adlandırılan ulaşım ve elektrik üretimi

amaçlı kullanılan biyokütlenin payının önümüzdeki dönemde artacağı öngörülmektedir. 2010-2020 dönemi için yıllık bileşik büyüme oranı %8 olarak tahmin edilen biyoenerji sektöründe kırılımın %14 biyogaz, %86 diğer biyokütle olarak gelişmesi ve toplamda elektrik üretiminde biyokütleye dayalı 145 GW'ın üzerinde bir kurulu gücün devreye girmiş olması beklenmektedir. World Energy Outlook'a göre, 2035 itibariyle ulaşımda kullanılan yakıtların %8'inin biyokütleye dayalı olacağı öngörülmektedir (Deloitte, 2014).

Ülkemizin sahip olduğu tüm yaşamsal faaliyetlerini doğalgaz ve petrol üzerine kurmuş olması, bu enerji kaynaklarının sırasıyla %98 ve %92'sini ithal ediyor olması, Ülkemizi gelecekte bekleyen enerji dar boğazı yaşayacağı ciddi problemlere işaret etmektedir. Türkiye gerek çevresel gerekse de bağımlılık sebebiyle oluşan kaygılar nedeniyle yaygın kullanım alanı bulunan fosil yakıtlara alternatif olarak temiz ve yenilenebilir enerji üretim yöntemlerini en hızlı sürede tespit edip kullanılabilir duruma getirmek zorundadır. Dünya'da yenilenebilir enerji yatırımları gittikçe artmaktadır. Türkiye de bu alanda ciddi bir potansiyele sahip durumdadır. Bu sebeple Türkiye'nin, yenilenebilir enerjinin kullanımını arttırması ve özel sektörün yenilenebilir enerjiye yönelmesi için teşvikleri uygulaması gelecekteki enerji güvenliği açısından oldukça önem arz etmektedir (Özer, 2016:137). Yenilenebilir enerjinin tükenmez olması, kendisini sürekli yenileyebilmesi, doğayla uyumlu çevre dostu olması ve en önemlisi gelişen teknolojiyle birlikte en çok endişe edilen yüksek ilk maliyet sorununun çözüme kavuşturulabilir olması bu kaynaklara olan talebi ve yatırımları da arttırmaktadır (Yılmaz, O. 2015). Biyokütle ve sahip olduğu enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde özellikle de Ülkemiz'de olduğu gibi gelişmekte olan ülkelerde henüz yeterince dikkat çekmemiş fakat büyük bir potansiyele sahip yenilenebilir enerji kaynağıdır. Ülkemizde yenilenebilir enerji alanındaki çalışmaların hızlanması ve biyokütle ve biyokütle enerjisi ile yeterince çalışma bulunmaması biyokütle alanında Ülkemizde gerçekleştirilen tüm çalışmaları değerli kılmaktadır.

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir, temiz ve sürdürülebilir enerji, fosil yakıt kaynakları gibi tükenir nitelikte olmayan güneş, jeotermal, biyokütle, okyanus, rüzgâr, su gibi sürekli, yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarından elde edilen temiz enerji türüdür. Temiz ve yenilenebilir bu enerji çeşidi ile sürdürülebilirlik için enerji güvenliği, çevre, maliyet etkinliği gibi konularda daha iyi bir noktaya ulaşılması hedeflenmektedir. Temiz enerjiye yapılan yatırımların fosil ve dolayısıyla ithal enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltmak, sera gazı ve konvansiyonel kirleticileri azaltmak ve yeni iş alanları oluşturmak gibi avantajları da bulunmaktadır (Özer, 2016:137). Bahsedilen

olumlu yönlerin yanında temiz enerji kullanımıyla ilgili bazı engeller de mevcuttur. İç politikaya ilişkin engeller, iç pazar engelleri, genel finansal engeller, yenilenebilir enerjiye özgü engeller ve fiziksel engeller bu kısıtlamaların arasındadır. Örneğin, temiz enerjinin üretim maliyetinin yüksek olması sebebiyle devlet desteği olmadan yenilenebilir enerjiye olan talep artmayabilir ve yatırımcı için piyasaya giriş cazip olmayabilir. Buna ilaveten yeni yatırımcıların piyasaya girmeden temiz enerjiye yönelik yenilikçi yatırımlar yetersiz kalabilmektedir. Mevcut yatırımcıların da enerji üretimine ilişkin büyük ölçekli yatırımlara önem vererek, yenilenebilir teknolojilere yatırım yapma tercihinde bulunmayabilmektedirler. Fakat yenilenebilir enerji için yapılacak yenileme ve yatırımlar, bugünkü ve gelecek nesillerin yaşamlarını sürdürebilmeleri ve yaşam kalitelerini geliştirebilmeleri için son derece önemlidir. Yenilenebilir enerjiye yapılacak yatırımlar ya da teşvikler ek maliyet olarak görülse de dünya üzerinde bunu yasal çerçeveye oturtarak kaynak oluşturabilen Finlandiya, İsveç, Hollanda gibi ülkeler bulunmaktadır. Bu sebeple de yenilenebilir enerji yatırımlarının, yeşil yenilenmeyi teşvik eden ve bağımsız enerji piyasasına sahip ülkelerde daha etkin olabileceği iddia edilmektedir (Özer, 2016:137).

Biyokütle

Biyokütle, yaşayan ya da yakın zamanda yaşamış canlılardan elde edilen fosilleşmemiş tüm biyolojik malzemenin genel adıdır. Organik atıkların oluşturduğu biyokütle döngüsel ekonomide yer alan ve yeşil ekonominin temellerini oluşturan ve özellikle de biyo-yakıtların üretiminde kullanılabilecek çok önemli, geri dönüşümü mümkün olan potansiyel yenilenebilir bir kaynaktır. Biyokütle kaynakları dört ana grupta sınıflandırılabilir;

Ormancılık faaliyetleri sonucu ortaya çıkan biyokütle, (orman ve orman ürünlerinin endüstriyel üretimi sonucu ortaya çıkan endüstriyel atıklar).

Tarımsal atıklar, (hayvan çiftlikleri, tarım endüstrisi ve bitki atıkları).

Biyo-enerji üretimi için tarımı yapılan enerji bitkileri.

İnsani faaliyetler sonucu üretilen belediye katı atıkları (Braguglia ve ark.,2018:37).

Biyokütle, hammadde olarak kullanıldığında üç ana ürüne dönüştürülebilir. Bunlardan iki tanesi enerji ile ilgili son ürünler iken üçüncüsü ise kimyasal biyomalzemelerdir. Biyokütlenin enerjiye dönüştürülerek biyokütleden güç/ısı eldesi ve biyoyakıt eldesi termokimyasal ve biyokimyasal/biyolojik süreçler olmak üzere iki ana teknoloji kullanılarak gerçekleştirilirken, biyodizel gibi ürünlerin üretildiği bir üçüncü yöntem mekanik ekstraksiyon teknolojisidir. Yakma, piroliz, gazlaştırma ve

sıvılaştırma yöntemleri termokimyasal teknolojiler altında sınıflandırılırken, biyogaz üretiminin gerçekleştirildiği oksijensiz parçalanma ve biyoetanol üretiminin yapıldığı fermentasyon biyokimyasal dönüşüm teknolojilerinin yöntemlerindendir (McKendry, 2002:37, Uçkun Kıran ve ark., 2014:389).

TÜRKİYE ve YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği ve potansiyeli bakımından zengin bir ülkedir. Ülkemiz, birçok ülkede bulunmayan jeotermal enerjide dünya potansiyelinin %8 'ine sahiptir. Ayrıca coğrafi konumu nedeniyle büyük oranda güneş enerjisi almaktadır. Türkiye, hidrolik enerji potansiyeli açısından da dünyanın sayılı ülkelerindendir. Rüzgâr enerjisi potansiyeli yaklaşık 160 TWh olarak tahmin edilmektedir. Bu enerji kaynaklarının maliyetleri oldukça azdır, yenilenebilir olduklarından dolayı tükenmezler ve konvansiyonel yakıtların aksine çevre ve insan sağlığı için önemli bir tehdit oluşturmazlar (Gençoğlu, 2002:57). Bu enerji türünün katkılarını ekonomik ve çevresel katkılar olarak sınıflayıp ekonomik açıdan incelendiğimizde de; yenilenebilir enerji yatırımlarının çoğu, yüksek maliyetli enerji dış alımları yerine, tesislerin kurulması için malzeme ve insan gücüne yapılmaktadır. Yenilenebilir enerji için yapılan yatırımlar ise yapıldığı yörede kalıp, iş ve yerel ekonomiler için enerji kaynağı olmaktadırlar. Çevresel katkıları düşünülüp fosil yakıtlar ile karşılaştırıldığında son derece temiz ve doğa dostu kaynaklardan üretilmektedirler. Çevresel kirleticileri yoktur. Kaynakların dünya durdukça tükenmesi söz konusu değildir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, enerji alanında var olan hedeflerini, Ülkemizin 2023 yılı hedeflerine uygun bir şekilde revize etmiştir. Ülkemizde Cumhuriyetin 100. yılının kutlanacağı 2023 yılına yönelik olarak enerji sektörüne ilişkin yüksek hedefler öngörülmektedir. Mevcut kurulu gücün iki kat artırılarak 100000 MWh'e çıkarılması ve her yıl 5 milyar dolarlık yenilenebilir enerji yatırımının yapılması hedeflenmektedir. Rüzgâr enerjisi yatırımları hızında Meksika'dan sonra ikinci sıraya yükselen ülkemizde 59 jeotermal sahası 419 milyon dolar bedelle özel sektöre devredilmiştir. Güneş enerjisinde 600 MW'lık yeni yatırım için özel sektöre çağrı yapılacağı duyurulmuştur. 2011 yılı içinde devreye giren 2287 MW'lık santralin 1407 MW'ı yenilenebilir enerji santralinden oluşmaktadır. EPDK'ya yapılan lisans başvurularının yarısı yenilenebilir enerji yatırımları için gerçekleşmiştir. Türkiye'de enerji talebindeki artış ve hükümetin yatırımcılara yenilenebilir enerji konusunda yenilenebilir enerji kanunundan sonra yeni teşvikler sağlayarak onları çeşitli enerji projelerini hayata geçirmeleri için teşvik etmesi özel sektör tarafından bazı uzun vadeli yatırımların yapılmasına olanak sağlamıştır. Bu noktada son bir iki yılda Türk enerji sektörü enerji piyasasının serbestleşmesinin ardından hızlı bir büyüme kaydetmiştir. Elektrik piyasası mevzuatın uygulanması ve talepteki yüksek artışa paralel olarak

yatırımcıların ilgisini çekecek şekilde kapasitesini genişletmiştir (Erdal, 2012:171). Yenilenebilir enerji kaynaklarının başlangıç yatırımları diğer enerji kaynaklarına göre pahalı olsa da uzun vadede ulusal ekonomi açısından kazanç sağlayan kaynaklar oldukları aşikârdır (Çukurçayır, 2008:257).

Türkiye'nin Biyokütleden Enerji Üretim Potansiyeli

Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyeli yüksek olsa da hâlihazırda çok sayıda proje bulunmamaktadır. 2018 yılı sonunda EPDK'ndan üretim lisansı almış 122 biyokütle yakıtlı (Biyogaz, termik, çöpgazı ve atıksu) enerji santrali bulunmakta; bunların toplam kurulu ve işletmedeki güçleri ise sırasıyla 714 MWe ve 517 MWe olmaktadır.

Türkiye'de çöp gazı projeleri biyokütle enerjisinin çoğunluğunu oluşturmaktadır. Kurulu gücün %40'ı ve işletmedeki kurulu gücün %45'i çöpgazı tesislerine aittir. Termal biyokütle teknolojileri olan yakma ve gazifikasyon tesisleri kurulu ve işletmedeki gücün sırasıyla diğer büyük yüzdeleri olan %39 ve %33'ü oluşturmaktadır. Hayvansal dışkı ve tarım atıkları gibi katı atıklardan biyogaz yoluyla enerji üretimi son beş yılda artış göstermiştir. Kurulu ve işletmedeki güç 2018 yılı sonunda %20 oranında olmakta ve artmaktadır. Atıksu arıtımı yapan atıksu artıma tesisi kaynaklı biyogaz santralleri ise kurulu ve işletmedeki güçte sırasıyla %2 ve %3 gibi bir oranda bulunmaktadır (Türker, 2018).

Türkiye hayvancılık ve tarım bakımından yüksek potansiyele sahip, gelişmekte olan bir ülkedir. Bu durum biyokütlenin çeşitliliği ve varlığı konusunda Türkiye'yi çok iyi bir pazar haline getirmektedir. Türkiye'nin biyokütle potansiyeli yüksek olmakla beraber kullanım oranı ise halen çok azdır. Geçmiş yıllardan beri Türkiye için biyokütle enerji üretim trendi çöp sahalarıdır. Çöpten gaz eldesi son derece basittir ve proje geliştirme aşamaları, yer seçimi, atık tedariği vb., yerel belediyeler tarafından yapılmaktadır. Türkiye'nin birçok şehrinde atıklar düzenli depolama alanlarına gönderilmektedir. Lakin bu şehirlerin dışında halen birçok şehirde atıklar vahşi olarak depolanmaktadır. Bu sebeple çöp gazı projelerinin önümüzdeki on yıl boyunca yükselişte kalacağı öngörülmektedir. Biyogaz santrallerinin Türkiye'deki yaygın hammaddesi hayvan dışkısıdır. Endüstriyel hayvancılık ciddi bir atık problemi yaratmaktadır. Şu ana kadar uygulanan yöntem olan dışkıların tarlaya gübre olarak yayılmasının çevresel zararları ortaya çıkmaya başlayınca sadece gübre formunu almış inaktif ürünlerin toprağa uygulanması yönünde yönetmelikler yayınlanmıştır. Bu tipteki yönetmeliklerin ve uygulamaların artması biyogaz tesislerinin sayısını artırmıştır. Son yıllarda lisans alımı sürecinde biyogaz tesislerinin sayısı ciddi bir biçimde artış göstermiştir (Türker, 2018).

1. ŞANLIURFA İLİ BİYOKÜTLE POTANSİYELİ

Şanlıurfa ve ilçelerinde halkın ana geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği daha yaygın olup yüksek oranda mera hayvancılığı yapılmaktadır.

Buna göre il geneline bakıldığında; en çok büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısı Siverek İlçesinde, en fazla kanatlı sayısı Haliliye ilçesinde bulunmaktadır. Ayrıca en az büyükbaş hayvan sayısı Karaköprü, en az küçükbaş ve kanatlı hayvan sayısı da Bozova İlçe'lerinde bulunmaktadır. Tüm ilçelerin sahip olduğu büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarının dağılımı ve İl genelindeki toplam sayısı Tablo 1'de verilmiştir (Demir Yetiş&Yetiş,2018: 533).

Tablo 1. Şanlıurfa İli Büyükbaş, Küçükbaş ve Kanatlı Hayvan Sayıları

İlçe	**Cins (Adet)**		
	Büyükbaş	**Küçükbaş**	**Kanatlı**
Akçakale	20466	95657	10360
Birecik	14417	31111	16056
Bozova	14316	17473	10812
Ceylanpınar	22796	254711	97000
Eyyübiye	25029	121251	97000
Halfeti	12750	24200	13780
Haliliye	53119	139942	**183059**
Harran	6391	43235	46275
Hilvan	14588	106037	14465
Karaköprü	7027	40491	68128
Siverek	**88593**	**806037**	59961
Suruç	7763	19370	55600
Viranşehir	49643	398659	97500
TOPLAM	**336898**	**2098174**	**682251**

Hayvanlardan elde edilen gübre miktarları hayvanların cinsine göre değişiklik göstermektedir. Buna göre;

- 1 adet büyükbaş hayvandan 3,6ton/yıl yaş gübre,
- 1 adet küçükbaş hayvandan 0,7 ton/yıl yaş gübre,
- 1 adet kümes hayvanından 0,022 ton/yıl yaş gübre oluşmaktadır.

Bu değerlerden yola çıkarak,

- Bir ton sığır gübresinden 33 m^3/yıl biyogaz,
- Bir ton koyun gübresinden 58 m^3/yıl biyogaz,
- Bir ton kümes hayvanı gübresinden 78m^3/yıl biyogaz üretildiği tespit edilmiştir.

Kullanılabilir atık miktarı hesaplamalarına göre elde edilebilecek biyogaz potansiyeline ait tablo Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Şanlıurfa İli Mevcut Hayvansal Atık Potansiyeline Karşılık Üretilebilecek Biyogaz Miktarı.

Cins (Adet)	**Büyükbaş**		**Küçükbaş**		**Kanatlı**	
	Yaş Gübre Miktarı (Ton/Yıl)	Biyogaz Miktarı (m^3/yıl)	Yaş Gübre Miktarı (Ton/Yıl)	Biyogaz Miktarı (m^3/yıl)	Yaş Gübre Miktarı (Ton/Yıl)	Biyogaz Miktarı (m^3/yıl)
Akçakale	73677.6		66959,9		227,92	
Birecik	51901.2		21777,7		353,232	
Bozova	51537.6		12231,1		237,864	
Ceylanpınar	82065.6		178297,7		2134	
Eyyübiye	90104.4		84875,7		2134	
Halfeti	45900.0		16940		303,16	
Haliliye	191228.4		97959,4		4027,298	
Harran	23007.6		30264,5		1018,05	
Hilvan	52516.8	40023484	74225,9	85185864	318,23	1321313
Karaköprü	25297.2		28343,7		1498,816	
Siverek	318934.8		564225,9		1319,142	
Suruç	27946.8		13559		1223,2	
Viranşehir	178714.8		279061,3		2145	
TOPLAM	**1212832.8**		**1468722**		**16940**	

Toplam biyogaz miktarının diğer yakıtlardaki karşılığının gösterildiği tablo Tablo 3'de, üretilen biyogaz miktarına karşılık gelen tasarruf miktarı ise milyon TL cinsinden Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3. Toplam biyogaz miktarının diğer yakıtlardaki karşılığı.

	Biyogaz, (m^3)	**Doğalgaz, (m^3)**	**Elektrik, (kWh)**	**Kömür, (kg)**	**Gazyağı, (Lt)**	**Odun, (kg)**
TOPLAM	86384126	101933269	406005393	126120824	53558158	299752918

Tablo 4. Üretilen Biyogaz Miktarına Karşılık Gelen Tasarruf Miktarı.

Yakıt Türü	**Tasarruf Miktarı, (milyon TL)**
Doğalgaz, (m^3)	146643749
Elektrik, (kWh)	187249687
Kömür, (kg)	133688074
Gazyağı, (Lt)	360981986
Odun, (kg)	179851751

2. SONUÇ

Bir ev içerisinde bulunan enerji verimliliği yüksek; bulaşık makinası, buzdolabı, çamaşır makinası, fırın, televizyon, elektrik süpürgesi, ütü, davlumbaz, bilgisayar, el blenderi, su ısıtıcı, saç kurutma makinası gibi cihazlar ve aydınlatma için aylık gerekli elektrik enerjisi 149,9 kWh, standart ev eşyalarının kullanımındaki tüketim ise 233,9 kWh olarak belirlenmiştir. Buna göre bir konutun kullandığı cihazlara göre günlük elektrik ihtiyacı yaklaşık 4,9 kWh ve 7,8 kWh arasında değiştiği kabulüne göre en az 5940 en fazla 9270 konutun elektrik ihtiyacı hayvansal atıklardan elde edilebilir.

3. TARTIŞMA

Ülkemizdeki biyogaz enerji santralleri var olan kurulu gücün neredeyse yarısını oluşturmaktadır. Piyasanın çöp gazı tesislerinin egemenliğinde olması biyogaz ve termik biyokütle enerji santralleri açısından ciddi bir yatırım potansiyeli yaratmaktadır. Biyogaz üretimi kendini kanıtlamış bir teknolojidir ve çok yönlülüğü sayesinde değişen koşullara ayak uydurabilmektedir. Hükümetin sürdürülebilir çevre ve tarım politikaları başta hayvancılar olmak üzere atık üreticileri için bir baskı oluşturmaktadır**.** Biyokütle enerji santralleri atık bertarafı için en uygun çözüm olarak görünmektedir. Hükümet MW_h üretim başına 133$ gibi yüksek alım bedeli vererek bu yatırımları cazip hale getirmiştir. Ayrıca biyokütle enerji santralleri yan ürünler üreterek ek gelir elde edebilmektedir. Atık bertarafı yaptıkları için biyokütle projeleri diğer yenilenebilir enerji projelerine kıyasla ciddi miktarlarda karbon emisyonu azaltımı geliri elde etmektedir. Bunlarla birlikte, sadece biyokütle projeleri için verilen desteklerde bulunmaktadır. Bütün bu avantajlar üst üste eklendiğinde biyokütle enerji yatırımları diğer yenilenebilir enerji yatırımları içinde en avantajlı yatırım olarak öne çıkmaktadır (Türker, 2018).

REFERANSLAR

Braguglia, C.M., Gallipoli, A., Gianico, A., Pagliaccia, P. (2018). Anaerobic bioconversion of food waste into energy: A critical review. Bioresource Technology, 248: 37-56.

Çelikkaya, H. (2016). Biyogaz. Fırat Kalkınma Ajansı.

Çukurçayır, M. A. & Sağır, H. (2008). Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları. 257-275.

Deloitte, Biyokütlenin Altın Çağı, 2014.

Demir Yetiş, A., Yetiş, R. (2018). Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli: Şanlıurfa Örneği, 6th International GAP Engineering Conference – GAP2018, 533-538.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018, https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle, 05.12.2018.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2018, http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html, 13.12.2018.

Erdal, L. (2012). Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve İstihdam Yaratma Potansiyeli. Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi, 4(1), ISSN:1039-8012 Online, 171-181.

Gençoğlu, M. T., (2002). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(2), 57-64.

McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. Bioresource Technology, 83: 37–46.

Özer, Y.E. (2016). Türkiye'nin Yenilenebilir ve Temiz Enerji Konusunda ABD, Çin ve Avrupa Birliği ile Karşılaştırmalı Analizi. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Yıl 9, Sayı 1,137-156.

Türker, G. (2018). Türkiye'nin Biyokütle Gücü – Sürdürülebilirlik için Seçenek.

https://www.enerjiportali.com/turkiyenin-biyokutle-gucu-surdurulebilirlik-icin-secenek/

Uçkun Kıran, E., Trzcinski, A.P., Ng, W.J., Liu, Y. (2014). Bioconversion of food waste to energy, A review. Fuel. 134: 389-399.

Yılmaz, O. (2015) . Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.

ELEKTRİK ALAN ŞİDDETİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÖN ÇALIŞMA

Doç.Dr. Mehmet YÜKSEL
Çukurova Üniversitesi

Doç.Dr. Fatih KARAOĞLAN
Çukurova Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışmada, Çukurova Üniversitesi yerleşkesi içerisinden seçilen 46 farklı noktada elektrik alan şiddetleri 10 MHz ~ 8 GHz frekans aralığında anlık olarak ölçülmüştür. Elde edilen değerler kullanılarak 2018 yılı Haziran ayına ait elektromanyetik alan şiddeti haritası hazırlanmıştır. Ayrıca, ölçüm sonuçları Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi (ICNIRP-International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) tarafından belirlenen limit değerler ile karşılaştırılmıştır. Ölçülen en büyük değerin (705,60 mV/m) ICNIRP tarafından belirlenen limit değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimler: Elektromanyetik radyasyon (EMR), Elektrik alan şiddeti (E), Baz istasyonu, EMR ölçümü.

A Preliminary Study on Determination of Electric Field Strength

ABSTRACT: In this study, electric field strengths were measured instantly in the frequency range of 10 MHz ~ 8 GHz at 46 different points selected within the Çukurova University campus. An electromagnetic field strength map for June 2018 was prepared by using the obtained values. Futhermore, the measurement results were compared against the limit values determined by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). The maximum measured value (705.60 mV / m) was found to be below the limit values determined by ICNIRP.

Keywords: Elektromagnetic radiation (EMR), Electric field strength (E), Base stations, Measurement of EMR.

1. GİRİŞ

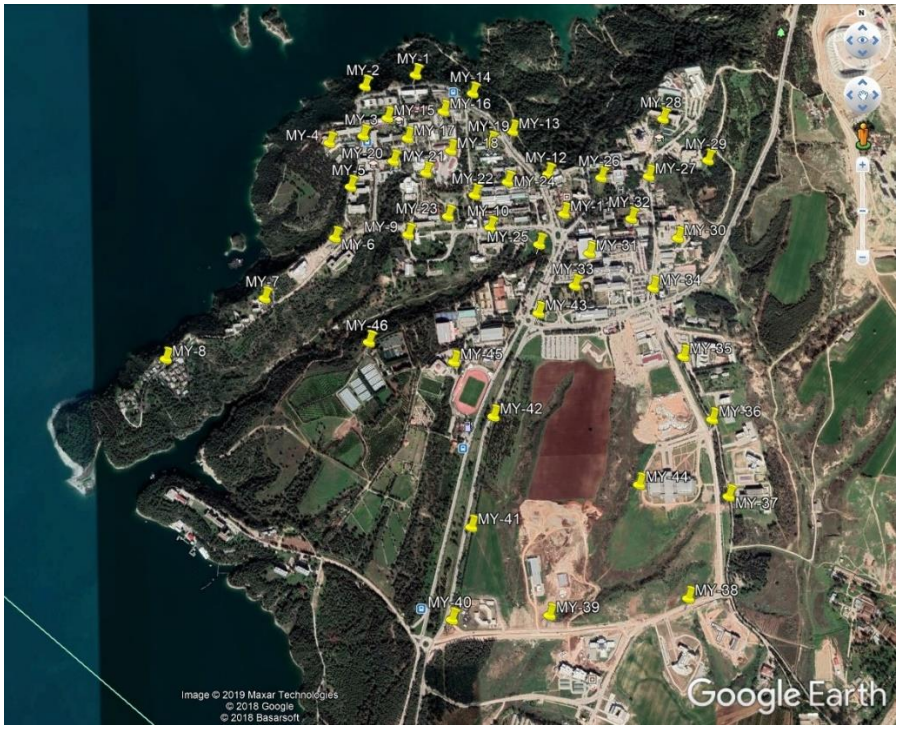
Günümüzde, bilimsel çalışmaların baş döndürücü hızına ve üretilen bilginin teknolojiye aktarım sürecine bağlı olarak birçok cihaz yaşam alanlarımızda yerini almakta ve bu cihazların kullanımları gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Evlerimizde kullandığımız çamaşır, bulaşık makinesi, mikrodalga fırın, televizyon ve kablosuz ağ cihazları gibi birçok ürünle birlikte sosyal ağ, video, müzik, oyun vb. kullanımları bize sunan gezgin iletişim sistemleri ve özellikle akıllı cep telefonları artık hayatımızda bir "ihtiyaç" haline gelmiştir. Bunun yanısıra radyo/TV vericileri, trafo merkezleri, radar, cep telefonları için kurulan baz istasyonları ve tıbbi cihazlar yaşam alanlarımız için birer elekromanyetik alan kaynakları konumundadırlar (Cansız vd., 2014:294; Karadağ vd., 2014:314; As vd., 2018:76). Yaşam alanlarımızda yoğun olarak kullanılan ve sırasıyla, 1800-2200 MHz, 1000-3600 MHz ve yaklaşık olarak 2,45 GHz frekans aralıklarında çalışan cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar ve kablosuz ağlar birer mikrodalga radyasyon kaynağıdır (Sağır ve Okur, 2019:103; Nishiyama ve Kato, 2014). Elektromanyetik radyasyon kaynaklarının yaygın kullanımına bağlı olarak bir çok görsel ve yazılı medya kaynağı tarafından özellikle baz istasyonları ile ilgili yapılan haberlerin toplumu endişelendirdiği bir gerçektir. Hatta düşük serviyelerde bile maruz kalınan elektromanyetik radyasyonların insan sağlığı üzerine etkileri ile ilgili toplumsal endişe giderek artmaktadır (Sienkiew, 1998).

Elektromanyetik radyasyon kaynaklı kirlilik birçok araştırmacı tarafından merak konusu olmuş ve konuyla ilgili olarak –elektromanyetik radyasyonlar her ne kadar iyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar olsa da– kanser-baz istasyonu sayısı ilişkisi (Yasser vd., 2001), elektromanyetik radyasyon ile stres (Megha vd., 2012), başağrısı, yorgunluk, anksiyete, konsantrasyon eksikliği (Soderqvist, vd., 2009; Behari, 2010; Megha vd., 2012) gibi birçok değişken kullanılarak incelenmiş ve tartışılmıştır. Bu çalışmaların yanısıra bir çok araştırmacı yaşam alanlarında ve özellikle baz istasyonları çevresinde elektromanyetik radyasyon ölçümleri yaparak kirlilik haritaları oluşturmuşlar ve elde ettikleri değerleri Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi (ICNIRP-International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) tarafından belirlenen eşik değerler ile karşılaştırmışlardır (Karadağ vd., 2014:314).

Çukurova Üniversitesi yerleşkesi içerisinde bulunan 46 farklı noktada yapılan ölçümlerle gerçekleştirilen bu çalışmanın öncelikle üniversite kampüsünün ortalama elektrik alan şiddetini –elektromanyetik radyasyon, EMR– belirlemek ve buna bağlı olarak ölçüm sonucunda elde edilen değerleri ICNIRP tarafından belirlenmiş olan limit değerler ile karşılaştırarak üniversite kampüsünün EMR haritasını çıkarmaktır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmaya konu olan ve Seyhan nehrinin eski yatağını temsil eden Kuvaterner yaşlı Taraça birimi ve onun altında sığ deniz koşullarını yansıtan Handere formasyonunda yer alan Çukurova Üniversitesi yerleşkesi içerisinde 46 farklı noktada elektrik alan şiddetleri ölçülmüştür. Ölçüm yapılan noktaların çoğu fakülte, derslik, idari birimler, kafeler gibi aktif olarak kullanılan yaşam alanlarından oluşmakta olup yerleşkenin tamamı ölçümlere dahil edilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı konumlar Şekil 1'de görülmekte olup tüm ölçümler 2018 yılı Haziran ayında aynı gün içerisinde 10 MHz ~ 8 GHz frekans aralığında anlık olarak yapılmıştır.



Şekil 1. Çukurova Üniversitesi Yerleşkesi Ölçüm Noktaları

Elektrik alan şiddeti ölçümleri, frekans menzili 10 MHz ~ 8 GHz geniş bant aralığında bulunan, üç kanallı ölçüm probu ile yönsüz (izotropik) ölçüm yapılabilen TES 593 Elektrosmog Meter cihazı kullanılarak yapılmış olup ölçüm cihazı Şekil 2'de görülmektedir. Ölçüm değerleri mV/m olarak alınmış olup en büyük ortalama değerler (Max. Average) kaydedilmiştir.

Ölçümler sonucunda elde edilen veriler, Esri ArcGIS 10.2.2.3552 ArcMap for Desktop (ESRI, 2019) yazılımında jeoistatistik analist, ara değer bulma (interpolation) yöntemi ile radyal temel fonksiyon kullanılarak Çukurova Üniversitesi yerleşkesinin haritalandırılmasında kullanılmıştır.

Şekil 2. TES 593 Elektrosmog Meter cihazı.

3. BULGULAR, TARTIŞMA VE SONUÇLAR

3.1. Çukurova Üniversitesi Yerleşkesine Ait Ortalama Elektrik Alan Şiddeti

Üniversite yerleşkesinde 46 farklı noktada ölçülen elektrik alan şiddetine ait değerler, en küçüğü 2,70 mV/m ve en büyüğü 705,60 mV/m olmak üzere bu iki değer arasında değişmekte olup bu değerlerin ortalaması 97,41 mV/m olarak hesaplanmıştır.

3.2. Ölçüm Sonuçları ve ICNIRP Limit Değerleri ile Karşılaştırılması

Üniversite yerleşkesinde 10 MHz ~ 8 GHz frekans aralığında ölçülen en küçük elektrik alan şiddeti değeri 2,70 mV/m iken en büyük elektrik alan şiddeti değeri ise 705,60 mV/m'dir. Maruz kalınabilecek elektrik alan şiddetlerinin hem tek cihaz hem de ortam için ICNIRP tarafından belirlenmiş olan limit değerleri farklı frekans aralıkları için Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo1. Elektrik Alan Şiddeti Limit Değerleri (f: Frekans) (ICNIRP, 2003, 2009)

Frekans Aralığı	Tek Cihaz E (mV/m)	Ortam E (mV/m)
10-400 MHz	6200	21000
400-2000 MHz	$305*f^{1/2}$	$1030*f^{1/2}$
2-60 GHz	13500	45750

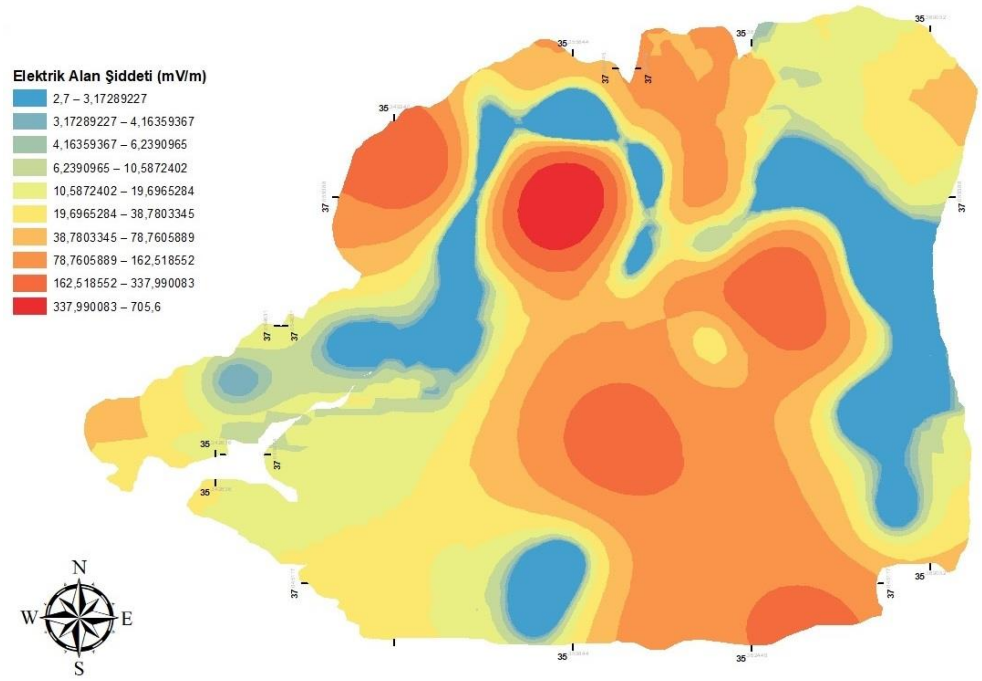
Tablo 1'de de görüldüğü gibi yerleşke içerisinde ölçülen en büyük elektrik alan şiddetine ait değer (705,60 mV/m) ICNIRP tarafından belirlenen limit değerlerin altında olup sağlık açısından herhangi bir tehdit oluşturmadığı söylenebilir.

3.3. Çukurova Üniversitesi Yerleşkesi Elektrik Alan Şiddeti Haritası

Çukurova Üniversitesi yerleşkesine ait 46 farklı konumda anlık olarak ölçülen elektrik alan şiddeti verileri kullanılarak yerleşkenin elektromanyetik alan şiddeti haritası Esri ArcGIS 10.2.2.3552 ArcMap for Desktop yazılımı ile oluşturulmuştur. Haritalandırma işlemi için ilk olarak ölçüm alanının shape dosyası oluşturulmuş daha sonra ölçüm yapılan her bir konum ile ölçülen değerler GCS_WGS_1984 koordinat sistemi kullanılarak eşleştirilmiştir. Haritalandırmanın son adımında ise ArcMap yazılımı ile Şekil 3'te de görülen analiz adımları yardımıyla haritalandırma işlemi tamamlanmıştır.

Şekil 3. Haritalandırmada Kullanılan Analiz Yöntemi

Şekil 4'te Çukurova Üniversitesi yerleşkesine ait elektromanyetik alan şiddeti haritası görülmektedir. Ölçülen elektrik alan şiddeti değerleri haritadan da anlaşıldığı üzere 2,7 mV/m ile 705,60 mV/m değerleri arasında değişmekte olup ICNIRP tarafından belirlenen limit değerlerin altındadır.



Şekil 4. Çukurova Üniversitesi Yerleşkesine ait Elektromanyetik Alan Haritası

Şekilde verilen harita, renkler yardımıyla ölçüm değerlerinin kendi içerisinde kıyaslanması açısından faydalıdır. Buna göre koyu kırmızı olarak görülen alanlar diğer renklerle verilen alanlara kıyasla elektrik alan şiddetinin daha yüksek olduğu alanlardır. Haritada elektrik alan şiddetinin daha yüksek olarak görüldüğü alanlar üniversite içerisinde kurulu bulunan baz istasyonlarının yanısıra fakülteler, derslikler, kafe, yemekhane, kütüphane ve hastahane gibi yaşam alanlarıdır. Bundan dolayı merkezi baz istasyonları olan bu yaşam alanlarında ve çevresinde aktif olarak bulunan Wİ-Fİ noktaları ve kullanılan cep telefonlarından kaynaklı sinyaller diğer alanlara göre daha yüksek elektrik alanların oluşmasında başlıca etken olarak düşünülebilir.

KAYNAKLAR

AS, N., ERDEM, K., KARAN, Y., ve DİZMAN, S. (2018). "Rize İl Merkezinde Bulunan Temel Eğitim Müdürlüğüne Bağlı Okullarda Elektromanyetik Alan Seviyelerinin Belirlenmesi", 2. Uluslararası Uluslararası Bilimsel Çalışmalarda Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu, ISAS 2018-Winter, Samsun-Türkiye, Abstracts Book, 3:76-76.

BEHARI, J., 2010. "Biological responses of mobile phone frequency exposure", Indian J. Exp Biol. 48, 959–81.

CANSIZ, M., ÇELİK, A.R., ve KURT, M. (2014). "50 Hz Şebeke Frekansında Elektrik ve Manyetik Alan Şiddetlerinin Ölçülmesi ve Ölçüm Sonuçlarının ICNIP'nin Halk Maruziyeti Limitlerine Göre Karşılaştırılması", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2014, 20 (8):294-299.

ESRI ArcMap, http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/, 01.11.2019.

ICNIRP (2003). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. "Exposure to Static and Low Frequency Electromagnetic Fields, Biological Effects and Health Consequences (0 Hz-100 kHz)". International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, Munich, Germany, 13, 2003.

ICNIRP (2009). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. "Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz)". International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, Oberschleißheim, Germany, 16, 2009.

KARADAĞ, T., ÖZDEMİR, A.R., ve ABBASOV, T. (2014). "Bir Üniversite Yerleşkesinde Uzun Süreli Elektromanyetik Alan Ölçümleri ve Kirlilik Haritaları", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2014, 20 (8):314-318.

MEGHA, K., DESHMUKH, P.S., BANERJEE, B.D., TRIPATHI, A.K., ABEGAONKAR, M.P., 2012. "Microwave radiation induced oxidative stress, cognitive impairment andinflammation in brain of Fischer rats", Indian J. Exp. Biol., 50, 889–896.

NISHIYAMA, H.I.M., KATO, N., 2014. "Relay-by-smartphone: realizing multihop device-to-device communications", IEEE Com. Mag. 52, 56–65.

SAĞIR, D., OKUR, Z.H. (2019). "Elektromanyetik Alanın Biyolojik Etkileri", Fen Bilimleri ve Matematik Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler, Gece Akademi, Ankara.

SODERQVIST, F., CARLBERG, M., HARDELL, L., 2009. "Use of wireless telephones and serum S100 B levels: a descriptive cross-sectional study among healthy Swedish adults aged 18–65 years", Sci Total Environ. 407, 798–805.

YASSER M.M., RANDA M.M., BELACY, A., SOAD, H.A., FADEL, M.A. (2001). "Effects of acute exposure to the radiofrequency fields of cellular phones on plasma lipid peroxide and antioxidase activities in human erythrocytes", Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 2001, 26:605-608.

BALIKLANDIRMA UYGULAMALARINDA STRATEJİK YAKLAŞIMLAR IŞIĞINDA BAZI GÖLLERİMİZDE UYGULANABİLECEK PRATİK BİR YÖNTEM

Prof. Dr. Yılmaz EMRE
Akdeniz Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışmada Ülkemizdeki balıklandırma tarihçesine kısaca değinilecek, yapılan hatalar irdelenecek, özellikle doğal göllerde azalan balık türleri ve üretim miktarlarının arttırılması konusunda bazı değerlendirmeler yapılacaktır. Diğer yandan bu türlerin yerinde korunması ve üretilmesi perspektifinden hareket edilerek, özellikle Göller Bölgesi ve Bursa İlindeki Göllerin balıklandırılmasına yönelik bir yöntem konusunda bazı önerilerde bulunulacaktır.
Anahtar Kelimeler: Balıklandırma, Türkiye Gölleri, Balık Türleri

Practical Method in Our Some Lakes in The Light of Strategic Approaches in Fish Introducing Applications

ABSTRACT: In this study, the history of fish introducing in our country will be briefly discussed, the errors made will be examined, and some evaluation will be made on decreasing fish species especially in natural lakes and increasing their production amounts. On the other hand, some suggestions will be made about the method of fish introducing in the Lakes Region and Bursa Province from the perspective of the protection and production of these species.
Key Words : Fish realising, Lakes of Turkey, Fish Speies

1. GİRİŞ

Stratejik bir gıda grubu olan olan su ürünleri içinde yer alan balıklar, insanlık tarihi süresince tüketim, ticaret, hobi ve sportif amaçlı olarak hep önemini korumuştur. Hayvanlar âleminde en fazla türü barındıran bir gruptur. Dünyada toplam 515 familyaya ait 27.977 tür mevcut olup, tatlı sularda yaşayan tür sayısı ise 11.952 şeklinde rapor edilmiştir (Nelson, 2006). Ülkemiz üç tarafı denizlerle çevrili olup, önemli sayıda akarsu, göl, baraj gölü ve diğer rezervuarlara sahiptir. Bu su kaynaklarından denizlerde 512 tür (Bilecenoğlu vd., 2014) ; iç sularda ise 371 balık türü tespit edilmiştir (Kuru vd., 2014) .

Gerek av baskısı, gerek kirlilik ve gerekse değişen hidrolojik koşullar nedeniyle, özellikle iç sularda balık populasyonlarında önemli değişiklikler söz konusu olmaktadır. Bu etkilerden biri de balıklandırma çalışmalarıdır. Genel anlamda balıklandırma; balık yetiştiriciliği, doğal stokların takviyesi, yeni rezervuarlara uygun balık türlerinin stoklanması, sportif balıkçılık, biyolojik mücadele ve hobi balıkçılığı ile ticareti amaçlarına matuf olarak yapılmaktadır. Ancak balıklandırmanın su ortamında önemli etkilere de neden olduğunu bilmekteyiz.

Bu etkilerin biyolojik anlamda doğrudan veya dolaylı olarak etkileri vardır. Bunlar: Su kalitesi, su bitkileri, besin organizmaları, biyoçeşitlik üzerine olumsuz etkileri, genetik etkileşimler, patojenlerin taşınma riski, sosyo-ekonmik problemlerle diğer etkilerdir (Lever, 1998; Cowx, 1998; Çetinkaya, 2006).

Uygulanmasında çok dikkatli olunması gereken bu işlemlerin sularımızdaki ve balık faunası konusundaki yansımalarını bugün rahatlıkla görmekteyiz. Bunun için gerekli acil tedbirleri almak gereksinimi yadsınamaz bir gerçektir. Bu nedenle gerek alınacak bürokratik tedbirler ve gerekse acilen uygulanacak pratik yöntemlere ihtiyaç vardır. Bu çalışmada Eğridir Gölüne yönelik hazırlanan bir uygulama yöntemiyle, özellikle Göller Bölgesi ile Bursa İl sınırları içindeki İznik ve Uluabat (Apolyont) Göllerine de uygulanabilecek bir uygulamanın yol haritası tartışılacaktır.

2. ÜLKEMİZDE BALIKLANDIRMANIN TARİHÇESİ

Ülkemizde farklı amaçlara yönelik olarak farklı zamanlarda balıklandırma çalışmaları yapılmıştır. Bunların bazıları başarılı olmuş, bazıları ise olumsuz sonuçlar doğurmuştur. Balıklandırma için kullanılmış türleri üç kategoride toplayabiliriz (Balık ve Ustaoğlu, 2006; Emre, 2019). Bunların büyük ekseriyeti ekzotik türlerdir. Ancak bir kısmı da doğal iç su faunamızda bulunan türlerdir:

1. **Biyolojik Mücadele İçin Yapılan Balıklandırma**

1.1.Gambusia affinis **Baird& Girard,1853**

1.2.Gambusia holbrrooki **Girard, 1859**

1.3.Ctenopharyngodon idella **Valenciennes, 1844**

2. Göl Verimliliğini Arttırmak İçin Yapılan Balıklandırma

2.1.*Coregonus laveratus laveratus* L.1758

2.2. *Coregonus macrophthalmus* Nusslin, 1882

2.3.*Onchorhynchus mykiss* Walbaum,1792

2.4. *Salmo salar* L.1758

2.5. *Salvelinus fontinalis* Mitchill, 1814

2.6. *Morone chrysops* Rafinesque, 1820 X *Morone saxatilis* Walbaum, 1792

2.7. *Cyprinus carpio* L., 1758

2.8. *Sander lucioperca* L., 1758

2.9. *Perca fluviatilis* L., 1758

2.10. *Silurus glanis* L., 1758

2.11. *Alburnus tarichi* (Güldenstadt, 1814) (=*Chalcalburnus tarichi*)

2.12. *Tinca tinca* L., 1758

2.13. *Tilapia zillii* Gervais, 1848

2.14. *Oreochromis niloticus niloticus* (L., 1758)

2.15. *Ictalurus punctatus* Rafinesque, 1818

2.16. *Hypophthalmichthys molitrix* Valenciennes , 1844

2.17. *Hypophthalmichthys nobilis* Richardson, 1845

2.18. *Barbus grypus* Heckel,1843

3. Balıklandırma Çalışmaları esnasında İstem Dışı veya Diğer Sebeplerle Göllerimize Aşılanan Balık Türleri

3.1. *Lepomis gibbosus* L., 1758

3.2 *Pseudorasbora parva* Temminck & Schlegel, 1846

3.3 *Carassius carasius* L., 1758

3.4. *Carassius gibelio* Bloch, 1782

3.5. *Carassius auratus auratus* L., 1758

3.6. *Atherina boyeri* Risso, 1810

Yukarıda bahsedilen türler dışında bildirilmeyen türler de, özellikle üçüncü kategoride süs balıkları olarak ithal edilen türlerin bazı kaynaklarda bulunduğu bazı yayın organlarında yer almıştır.

3. BALIKLANDIRMADA STRATEJİLER VE UYULMASI GEREKEN KURALLAR

Farklı amaçlarla yapılan balıklandırma çalışmalarında deneyimlere dayalı olarak gerek EİFAC ve gerekse lokal otoritelerce başarılı sonuçlar almak için bir takım kurallar ihdas edilmiştir. Bazen balıklandırma olumsuz olarak sonuçlanabilmektedir. Daha sonra bu olumsuzluğu rehabilite etmek oldukça zor olmaktadır. Bunun için balıklandırma stratejilerini hassasiyetle belirlemek oldukça önemlidir. Bu noktada; balık kaynağı, balıklandırmada kullanılan canlı materyalin ön şartlanmaya tabi tutulup-tutulmayacağı, yönetimi, transferi, stoklama yoğunluğu, zamanı ve bırakma şekilleri planlama safhasında gözönüne alınmalıdır. Kısaca özetlersek; balıklandırmanın en önemli öğesi planlamadır. Yani balıklandırma proğramı yapılırken; bu işleme niye ihtiyaç duyuluyor sorgulamasının yapılması şarttır. Aslında bazı sucul ortamlarda belki balıklandırmaya ihtiyaç olmadan, yani iyi bir balıkçılık yönetimi ile stok durumu rehabilite edilebilir. Genellikle bu sorun aşırı av baskısı veya çevresel bozulmanın olduğu yerlerde ortaya çıkabilmektedir. Yani balıkçılık yapanlar ve o çevrede yaşayan insanları faaliyetin içine katarsak, çözümler oluşturulabilir.

Diğer yandan doğal ortamdaki stoğa katılım düzeyinin düşüklüğünün ana sebeplerini tespit etmek önemli bir önceliktir. Durum tespit edilmediği takdirde ilk balıklandırma sonuç vermediği zaman izleyen dönemlerdeki balıklandırmalar ekonomik çaba olmaktan çıkar. Bu nedenle pratik çözüm gereksinimleri ortaya çıkar. Her gölün kenarına bir üretim istasyonu kurmak da külfetli bir iştir. Bunun bir çözümü de resmi + özel sektör veya gönüllü kuruluşların işbirliğidir. Limnolojik çalışma ve yavru ihtiyaç miktarının resmi makamlarca belirlenmesi ve yavru üretiminin birkaç yıllığına ihale veya doğrudan temin yöntemleriyle özel şirketlerden hizmet alımlarıyla karşılanması mümkündür. Ancak stoklamanın yapıldığı yerde " Balıkçılık Yönetimi" nin devlet + balıkçı + kooperatif + araştırıcı + yöre halkı temsilcileri vs. işbirliği ile denetlenmesi ve uygulanması oldukça önemlidir. Ancak bu uygulamalar sonucunda balıklandırma, gıda teminine ve istihdama imkân verir.

4. EĞİRDİR GÖLÜ MODELİ

Eğirdir Gölüne 1955 yılında Avusturya'dan getirilen Sudak (*Sander lucioperca* L.1758) balığı yavruları aşılandıktan sonra gölün canlı yaşamında önemli değişiklikler oluşmuştur (Akşiray,1961; Balık ve Ustaoğlu, 2006). Öyle ki, 1985 yılında 300 ton sudak avlanırken 2003 yılından itibaren stokta önemli kırılmalar olmuştur.Yine gölün önemli bir balığı olan sazan balığı (*Cyprinus carpio* L., 1758) üretimi de oldukça düşmüş (Yerli ve Alp, 2010) ve Göl Yönetim Planı kapsamında

sazan balığı avcılığa 4 yıl süre ile kapatılmıştır. Öte yandan diğer türlerin de aşılanması ile bazı türler yok olmuş veya bazıları ise kritik düzeylere inmiştir (Küçük vd., 2009).

Göldeki bu problemlere karşın bir balıklandırma çalışması amaçlanmış ve bu konuda Yönetimimizde detaylı bir proje hazırlanmıştır (Aksam, 2012). Bu projede Valilik, Eğirdir Belediyesi, Akdeniz su Ürünleri Üretim, Araştırma ve Eğitim Enstitüsü ve Balıkçı kooperatiflerinin yer alması planlanmıştır. Üretim esnasında Enstitünün Kuluçkahanesinden, diğer ihtiyaçların ise, ilgili kuruluşlarca karşılanması düşünülmüştür. Yani toprak havuzların kazılıp-düzenlenmesi için Valilik ve Belediye ait Makine Parklarından, bir defaya mahsus olarak alınacak motopomplar ilgili kuruluşların demirbaşlarına kayıtlanmak üzere yine söz konusu kuruluşların bütçesinden, teknik elemanlar Enstitüden ve İşci istihdamı ise Valiliklere tahsisi edilen Toplum Yararına İstihdam Projelerinden karşılanması planlanmıştır. Yine sarf malzemelerinin bahsedilen kuruluş ve Kooperatiflerin katkıları ile karşılanması tasarlanmıştır. Anaç temininin ise Balıkçı Kooperatiflerince sağlanması düşünülmüştür. Çalışma arazisi, Eğirdir Su Ürünler Araştırma Enstitüsü arazisi, Barla, Barla-Boyalı, Yalvaç-Tırtar ve Gelendost-Yenice mevkilerinde; hazine arazisi olup, gerekli tahsis işlemlerinin hemen yapılabileceği noktasında bilgiler alınmıştır (Şekil.1).

Şekil 1.Tesis Mevkileri

Eğirdir Gölüne yönelik bu model çalışma kapsamında; ilk etapda göl için ekonomik bir tür olan sazan balığının stok takviyesinin yapılması, ileriki aşamalarda gerek göl yönetimi kapsamında ve diğer uygulamalardan sonra gölde nesli tükenen veya azalan diğer türlerin takviyesi suretiyle çalışmanın geliştirilmesi planlanmıştır. Bunun için İlk önce balıkçıların geçim sorunlarını ve gölün hayvan varlığı yönünden zenginleştirilmesi noktasında Eğirdir Gölü kenarında seçilen istasyonlarda oluşturulacak toprak havuzlarda sazan yavrusu beslemesi yapılacaktır. Havuzlara Gölden avlanan sağlıklı anaçlardan üretilen larvalar bırakılarak 13-15 gr. ağırlığa gelince belirlenen istasyonlardan göle aşılanmalarının sağlanması eş zamanlı olarak planlanmıştır.

5. BURSA İZNİK VE ULUABAT GÖLLERİNDE UYGULANABİLİRLİĞİ

Bursa il sınırları dâhilinde iki önemli doğal gölümüz vardır. Bunlar İznik ve Uluabat Gölleridir. Her iki Gölümüzde de stok erozyonu problemleri vardır. Özellikle Uluabat Gölünde 1984 yılına kadar yoğun düzeyde Kerevit (*Astacus laptodactylus*) avcılığı yapılıyordu. Ancak kerevit vebasından sonra mevcut stok oldukça azaldı. Olanlar da ihraç niteliğinde olmadığından balıkçıları oldukça etkilemiştir. Daha sonra Turna (*Esox lucius*) ve sazan (*Cyprinus carpio*) istihsali öne çıkmıştır. Bir müdet sonra ise Havuz Balığı (*Carasius carasius*) baskın tür olmuştur. Buna karşın İznik Gölünde ise sazan, akbalık ve yayın balığının üretimleri etkinlik gösteriyordu. Bugün hangi balıkçı ile görüşürseniz-görüşün Gölde balığın kalmadığından şikâyetçi olurlar. Tıpkı Uluabat Gölü gibi..Yalnız bu Gölde Gümüş Balığı (*Atherina boyeri*) oldukça etkili hale gelip, stok oluşturmuştur. Aslına bakılırsa, her iki göl de Eğirdir Gölünden daha şanslı bir konumdadır. Özellikle İznik Gölünün sahip olduğu su kalitesi ve diğer ekolojik koşulları her iki Göl için yavru üretiminin burada daha ucuz ve nitelikli bir şekilde üretilmesine elverişlidir. Ancak Uluabat Gölünden anaç transferi şarttır. İznik Gölü kıyısında oluşturulacak mobil bir kuluçkahanede üretilen larvalar her iki Gölün farklı kısımlarında açılan havuz ünitelerine aşılanarak, yavru büyütme işlemleri gerçekleştirildikten sonra balıklandırma işlemi öngörülmelidir (Emre, 2019).

6. DEĞERLENDİRME VE TAVSİYELER

Ülkemizdeki bu büyük göllerde uygulanacak yöntem daha sonra başarı durumuna göre, özellikle büyük baraj göllerinde uygulanabilir. Özellikle anılan yöntemlerde planlamanın çok önemli bir öge olduğu ortadadır. Bu çerçevede potansiyel problem ve riskler minimize edilmiş olacaktır. Yine çalışma planlanırken; canlı materyalin niteliği, işgücü, balık nakli ve sarf ile demirbaş malzemeler için gerekli finansman paydaşlar arasında adil ve sorumluluk çerçevesinde paylaştırılmıştır. Bu noktada gerek Eğridir ve gerekse İznik-Uluabat göllerindeki balıklandırmanın önündeki tüm kısıtlar giderilmiş olacaktır. Yöntemde balık stoklarının genetik bütünlüğünü korumak çabası ön görülmüştür. Onun için anaç ve anaç adayları göl kaynağından temini planlanmıştır. Balıklandırma zamanı doğal prodüktivenin yüksek olduğu erken yaz döneminde planlandığı için hayatta kalım oranı yüksek olacaktır. Öte yandan balıklandırma mekanizmalarından dağınık balıklandırma mekanizması tercih edileceğinden, başlangıçta daha geniş bir alanda yapılacağından, rekabet baskısını minimize etme imkânına sahiptir. Balıklandırmadan kaynaklanacak potansiyel riskler; genetik etkileşimler, habitatın taşıma kapasiteleri ve sağlık problemlerinin bu yöntemde kontrol edilebileceği de görülmektedir. Diğer yandan gerek Merkezi Otorite ve gerekse yerel otoritelerin görev ve işlevleri hakkında şu tavsiyeler oldukça önemlidir:

1. BSGM bünyesinde oluşturulacak bir tavsiye komitesinin yılda 1-2 kez toplanarak o yıl yapılacak çalışmalar ve sorunlar konusunda tavsiye kararları almasıdır. Bu komitenin de BSGM yetkilileri, ilgili akademisyenler ve 4 araştırma Enstitüsünün temsilcilerinden oluşturulması faydalı olacaktır.

2. Göl etrafında bulunan Balıkçılık Kooperatifi temsilcileri, Belediye ve Valilik temsilcileriyle varsa göl ekolojisini çalışan bir akademisyenden oluşan ve Gölle ilgili kararlar alan bir yerel komitenin faaliyete geçirilmesi gerekmektedir.

3. Bu yerel Komitenin görevi: Çalışmaların plan ve programlarını yapması, bütçe oluşturması ve diğer gölle ilgili eğitim, tanıtım ve gerekirse çalıştay programlarını oluşturulmasına katkı sağlamak gibi işlevleri olmalıdır.

4. Özellikle BSGM bünyesindeki Komitenin oluşturduğu stratejiler çerçevesinde ilgili göl / baraj gölü için hazırlanacak eylem planları veya projeler uygun yöntemlerle, balıklandırma sonrası başarı ya da başarısızlık durumları mutlaka ilgili otoritelerce değerlendirilmelidir.

5. Yine bu komitelerce göl /baraj göllerine stoklanacak ya da aşılanacak balık türleri için bir seri kitapçık, broşür ve afişler hazırlamalıdır. Bunlar türün özelliklerini, olası etkilerini ve hatta gölde mevcut türlerle etkileşimi konusundaki sorunları ve diğer bilgileri içeren formatlarda olmalıdır.

6. Balıklandırma ve göl yönetimi konusunda ilgili paydaşların yükümlülükleri konusunda oluşabilecek sorunları gidermede ve birlikte çalışmayı teşvik edici yönetmelik ve koşulları oluşturmada gerekli resmi tavırların oluşmasına yönelik çalışma alt grupları aktif şekilde çalıştırılmalıdır.

KAYNAKÇA

Aksam (2012). Eğirdir Gölü Su Ürünleri Faunası Rehablitasyon Projesi, 53 Sayfa.

Akşiray, F., (1961). "Bazı Türkiye Göllerine Aşılanan Sudak (Lucioperca sandra Cuv. et Val.) Balıkları Hakkında." İ.Ü.F.F. Hidrobiyolojiyi Araştırma Enstitüsü Yayınları, Seri A, VI (1-2), 104-113.

Balık, S. ve Ustaoğlu, R (2006). Türkiye'nin Göl, Gölet ve Baraj Göllerinde Gerçekleştirilen

Balıklandırma çalışmaları ve Sonuçları, 1. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu 7 - 9 Şubat, Antalya.

Bilecenoğlu, M., Kaya, M., Cihangir, B., Çiçek, E. (2014). "An Updated Checklist of The Marine Fishes of Turkey." Turk J Zool. 38: 901-929.

Cowx, I. G., (1998). "Stocking Strategies: issues and Options for Future Enhancement programmes. In Stocking and Introduction of Fish." (Ed. I.G. Cowx). Fishing News Books, Oxford p 3-13.

Çetinkaya, O. (2006). "Su Kaynaklarında Balıklandırmanın Yol Açtığı Biyoçeşitlilik Azalması ve Biyoistila Problemleri" 1. Balıklandırma Ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu. 7 - 9 Şubat, Antalya.

Emre, Y. (2019). Bursa ve Balıkçılık, Bursa Hayat, 17-19. Ağustos

Emre, Y. (2019). Şahsi Görüşme

Kuru, M., Yerli, S. V., Mangıt, F., Ünlü, E., Alp, A. (2014). "Fish Biodiversity in İnland Waters of Turkey." Journal of Academic for Fisheries and Aquaculture, 3:93-120.

Küçük, F., Sarı, H. M., Demir, O., Gülle, İ. (2009). "Review of the ichthyofaunal changes in Lake Eğirdir between 1915 and 2007." Turk J Zool 33, 277-286 © TÜBİTAK. doi:10.3906/zoo-0811-16.

Lever, C., (1998). Introduced Fishes: An overview In Stocking and Introduction of Fish (Ed. I.G. Cowx) Fishing News Books, Oxford p. 143-152.

Nelson, J.S. (2006). Fishes of The World., J. Wiley & Sons. İnc., p 601.

Yerli, S. ve Alp, A. (2010). Eğirdir Gölü Eylem Planı Çalıştayı, 8,9 Kasım 2010.

ÇAY OLARAK KULLANILAN BAZI TIBBİ BİTKİLER VE SAĞLIĞIMIZDA YERİ

Doç. Dr. Eray TULUKCU
Selçuk Üniversitesi

ÖZET: Ülkemizde 1000 kadar bitki türü tıbbi amaçlarla kullanılmaktadır. Bu tıbbi bitki türlerinden bazıları çay olarak değerlendirilmektedir. Bitki çayları bazı ülkelerde keyif almanın yanında, bağışıklık sistemini güçlendirmek ve hastalıkların tedavisi içinde kullanılmaktadır. Hazırlanmaları kolay ve geniş bir etki alanına sahip olan bitki çayları fitoterapinin uygulama yollarından biridir.

Son yıllarda tıbbi ve aromatik bitkilerden yapılan çaylara olan rağbet daha faza artış göstermiştir. Bunun en önemli nedenlerinden birisi bitkilerin doğal ve içiminin kolay olması diğer nedeni ise başta antiseptik, diüretik, soğuk algınlığı, midevi gibi hastalıkları iyileşitirici olmasının yanında sakinleştirici ve antioksidan etkisinin de bulunmasıdır. Bitki çayı olarak en yaygın olarak kullanılan bitkiler adaçayı, rezene, papatya, kekik, anason, sarı kantaron, ekinezya ve kuşburnu gibi tıbbi bitkilerdir.

Bu çalışmada bitki çayları olarak kullanılan bazı tıbbi bitkiler ve sağlımız üzerine olan etkileri üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi bitki, Bitki çayı, Yağ asitleri

Some Medical Plants Used as Tea and its Importance in Health

ABSTRACT: In our country, about 1000 plant species are used for medical purposes. Some of these medicinal plant species are considered as tea. Herbal teas are used in some countries in addition to enjoyment, to strengthen the immune system and to treat diseases. Herbal teas, which are easy to prepare and have a wide effect area, are one of the ways of application of phytotherapy.

The demand of Tea which is made of medical and aromatic plants has been growing. One of the most important reason for this demand is that it is natural and easy to drink, another reason is that it doesn't only heal such diseases as antiseptic, diuretic, gastric, influenza but it also has soothing and antioxidant effects. The most commonly used plants for herbal tea are medicinal plants such as sage, fennel, chamomile, thyme, anise, centaury, echinacea and rosehip.

In this study, some medicinal plants used as herbal teas and their effects on our health were emphasized.

Keywords: Medicinal plant, Herbal tea, Fatty acids

1. GİRİŞ

Türkiye dünyada iklim farklılıkları yönünden değişkenlik gösteren nadir ülkelerden biri olup endemik bitki örtüsü bakımından Avrupa kıtasından daha zengin durumdadır. Bu endemik bitkilerin çoğu tıbbi bitkiler olarak da bilinmektedir. Bu bitkiler doğada kendiliğinden yetişmektedir. Yetişme ortamlarının değişimine göre bu bitkiler farklı kimyasal içeriklere sahip olmaktadır. Hatta aynı ortamda yetişen bitkiler bile farklı içeriklere sahip olabilmektedir. Günümüzde tıbbi bitkilerin endüstride kullanımı giderek artmaktadır. Tüketici kullandığı ürünün standardının, her zaman aynı ya da artan kalitede olmasını istemektedir. Tarıma dayalı endüstride standardın sağlanmasının öncelikli şartı ise kullanılan bitkide aynı kaliteyi sağlamaktır. Tıbbi bitkilerde belirli bir kalitenin oluşması için artık doğadan toplamak yerine yetiştirilmesinin yapılması gerekmektedir. Tıbbi bitkilerin artan kullanım alanlarından biride bitki çayı olarak kullanımıdır. Çay olarak kullanım arttıkça bu amaçla kullanılan bitki çeşitliliği de artmakta ve market raflarını süslemektedir.

İnsanlar günlük yaşamlarında artık çok çeşitli bitkileri çay olarak kullanmakta aroması ve tadı hoşuna gidenleri ise daha sık tüketmektedir. Bazen aynı bitki çayını insanlar gün içinde 3 – 4 farklı zamanda ve ya aynı anda çok miktarda içmektedir. Çay olarak kullanılan bu bitkilerin içermiş oldukları bazı fitokimyasal maddeler de çay suyuna geçerek insan vücuduna alınmaktadır. Bu kimyasal maddelerin içinde bitki yapısını oluşturan yağ asitleri de bulunmaktadır. Çay olarak kullanılan bitkilerin insanlar tarafından tüketilmesinde sakınca olmayan veya faydalı yağ asitlerince zengin olması bu bitkilerin değerini artıracaktır.

1.1. Tıbbi Bitkilerin İçerikleri

Yiyeceklerimiz, içerdikleri besin öğeleri ve besin öğesi olmayan kimyasallar açısından farklılık gösterir. Hiçbir besin yeterli ve dengeli beslenme için gerekli olan 50'ye yakın besin öğelerinin hepsini içermez. Yeterli, dengeli, sağlıklı bir beslenme için bir iki gıda türünden çok yemek yerine, değişik tür gıdalardan günlük önerilen miktarlarda yemeliyiz. Yeterli ve dengeli beslenmenin sağlanmasında günlük tüketilmesi gereken miktarlar "Dört Besin Grubu" temel alınarak belirlenir (Ayaz 2008).

Besin öğesi, besinlerin bileşiminde bulunan kimyasal maddelerdir. İnsanın ihtiyacı olan besinlerin bileşiminde yer alan 50 'ye yakın madde kimyasal yapılarına ve vücuttaki etkinliklerine göre 6 grupta toplanmıştır. Bunlar;

Karbonhidratlar

Proteinler

Yağlar

Mineraller

Vitaminler ve

Sudur.

Yağ, oda sıcaklığında yüksek viskoziteye sahip, yüksek miktarda karbon ve hidrojen içeren, suyla karışmayan ancak diğer yağlarla kolayca karışabilen maddedir. İnsan beslenmesi bakımından, temel gıda maddeleri arasında ilk sıralarda yer alan yağlar; hayvansal ve bitkisel kökenli olmak üzere iki sınıf altında toplanmaktadır. Hayvansal kökenli yağların yetersiz ve pahalı üretilmesi nedeniyle, yağ ihtiyacı bitkilerden karşılanmaktadır. Gıda amaçlı yağ tüketimi (Dünya) 2000 yılı değerlerine göre; 83,3 milyon ton olup bunun %76,2'sini bitkisel, % 23,8'ini ise hayvansal yağlar oluşturmaktadır. Ülkemizde kişi başına tüketilen (18,9 kg/yıl) yağın; % 92'si bitkisel, %8'i ise hayvansal yağlardan karşılanmaktadır (Arıoğlu 2007).

Enerji kaynağı olarak hücrede birinci derecede karbonhidratlar kullanılırken, yağlar, yapı ve enerji maddesi olarak ikinci derecede önem kazanır. Yağlar fazla alındığında kolayca yağ dokusu içinde depolanır. Deri altında ve iç organların çevresinde depo yağlar canlıyı soğuktan, darbelerden korur. Yağların diğer bir önemli görevi de hücre zarını oluşturmalarıdır. İnsan vücudunun çeşitli yerlerindeki hücre zarlarında % 25 ile % 75 nispette bulunabilirler. Hücre zarına akıcılık ve esneklik kazandırırlar. Hidrofobik ve anyonik karakterleri sayesinde bazı iyon ve polar maddelerin de geçişine engel olurlar. Bazı yağların bileşiminde vücut tarafından yapılamayan büyüme, gelişme ve derinin sağlığı için gerekli olan yağ asidi bulunur. Vücutta fazla alınan karbonhidrat ve proteinler yağa dönüştürülerek depolanır. Aşırı yağlı ya da yağa dönüştürülebilen besinlerle beslenme, damarlarda tıkanmalara yol açabilir; bunun sonucunda da kalp hastalıkları ve dolaşım bozuklukları ortaya çıktığı gibi şişmanlığa neden olabilir.

Normal bir insanın günlük faaliyetlerini yerine getirebilmesi için toplam 2800–3000 kaloriye ihtiyacı vardır. Bunun % 30-35'ini (850–900 kalori) yağlardan alması gerekmektedir. 1 gr yağın 9,3 kalorilik enerji verdiği göz önüne alındığında, bir insan günde 95 gr yağ almalıdır. Normal beslenme kurallarına göre, insanlar gereksinim duydukları toplam yağın 1/3' ünü sıvı olarak yemeklerle, 1/3'ünü katı yağ olarak kahvaltılarda ve 1/3'ünü de peynir, süt, fındık gibi besinlerle almalıdır. Aynı zamanda yağlar, içerdiği yağ asitleri ve bunların oranlarına göre de değer kazanırlar. Kimyasal yapı bakımından yağlar; doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağlar olarak 3 grupta toplanmaktadır. Bu üç grup tüm yağlarda mevcuttur, ancak oranları yağ cinslerine göre değişmektedir. Yapılan hesaplamalara göre; yemeklerle ve kahvaltılarda alınması gerekli toplam yağ miktarı günlük 63 gramdır. Bu ise yılda kişi basına 23 kg yağ demektir. Normal beslenme kurallarına göre insanın ihtiyacı olan yıllık yağ miktarı 23 kg olması gerekirken, bu miktar ülkemizde 19,8 kg, aynı

dönemde AB ülkelerinde 35 kg olduğu belirlenmiştir (Arıoğlu ve Güllüoğlu 2008). Dünyada kişi basına yağ tüketimi ise yaklaşık olarak 15 kg/yıl olmuştur.

1.2. Bitki Çayları

Tıbbi bitki çaylarında yaşanan gelişmeler bu bitkilerin özelliklerini tam olarak belirlenmesini biyokimyasal yapılarını belirlenmesini zorunlu hale getirmektedir. Dünya üzerinde her bitkinin daha iyi yetiştiği verim verdiği adapte olduğu ekolojik bölgeler olduğu herkes tarafından bilinmektedir. Ancak gerek ekonomik gerekse ekolojik şartlar bazı bitkileri değişik yerlerde yetiştirmeyi gerektirmektedir. Bitkileri kendi habitatları dışında kültürünü yapmak için çok iyi yetiştiricilik bilgisine sahip olunması gerekmektedir.

Dünyada bitki çayı çeşitliliği gün geçtikçe artmaktadır. Bugün daha önceleri yerel halk tarafından bilinen içimi sadece belirli coğrafyalarda yapılan birçok bitki çayı tanınır hale gelerek tüketilmeye başlamıştır. Bitki çayları konusunda yaşanan gelişmeler neticesinde özellikle yetiştiriciliği yapılan, kullanılan çeşitlerin ne zaman ve nerede kültüre alınacağını, yetiştirildikten sonra yapısını oluşturan maddelerde oluşan değişiklikler takip edilmelidir.

Türkiye'de bitki çayı olarak kullanılan tıbbi bitkilerin tarımının yaygınlaşması ve çay olarak tüketiminin artması bu bitkilerin düzenli olarak tarımının yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Tıbbi bitkilerin bugün bile birçoğunun doğadan toplanıyor olması biyolojik çeşitliliği azaltmakta, genetik kaynak erozyonuna yol açmaktadır.

Tıbbi bitkilerin üretiminin yapıldığı ülkelerde verim çok düşük düzeylerdedir. Dolayısıyla elde edilen drog miktarı da düşük kalmaktadır. Ancak bu sonuçlar tıbbi bitkileri yetiştirmedeki potansiyelin çok düşük olduğu anlamına gelmemektedir. Tıbbi bitkilerin ileri tarım teknikleri uygulamaları ile verim artırılabilmektedir. Verim son yıllarda artık tek başına bir kriter olmaktan çıkmış kaliteyle beraber değer bulur hale gelmiştir.

Tıbbi bitkilerde belirli bir kalitenin oluşması için artık doğadan toplamak yerine yetiştirilmesinin yapılması gerekmektedir. Tıbbi bitkilerin artan kullanım alanlarından biride bitki çayı olarak kullanımıdır. Çay olarak kullanım arttıkça bu amaçla kullanılan bitki çeşitliliği de artmakta ve market raflarını süslemektedir. Bitkisel çay pazarı her geçen gün büyümektedir.

1.3. Bitkisel çay olarak kullanılan bazı bitkiler aşağıda verilmiştir.

Salvia sclarea (Clary sage) Türkiye'de Miskada Çayı olarak bilinmektedir. Dünya'da en fazla ekstrakt elde etmek amacıyla Fransa, Bulgaristan, ABD, eski Sovyetlerde yetiştirilmektedir. Çiçek ve yapraklarından elde edilen yağlar, karın ağrısı,

kabızlık ve terlemeyi azaltmak için kullanılmakta, antimikrobiyal özelliklere sahiptir. Uçucu yağının ana bileşeni olarak linalool yer almaktadır (Kara ve ark. 2010).

***Foeniculum vulgare* Mill**. (Fennel), *Apiaceae* yada *Umbelliferae* familyasından Rezene olarak bilinen çok yıllık çalı formunda 200 cm boylanabilen yaprakları tüylü, sarı çiçekli aromatik bitkidir. Doğal olarak Kuzey Afrika, Akdeniz Bölgesi, Güney Doğu Avrupa ve Asya'da bulunmaktadır. Tohum ve çiçeklerinden distilasyonla elde olunan uçucu yağ kozmetik ve ilaç sanayinde, diuretic, mide ağrılarında ve spazm ağrılarında kullanılmaktadır. (Tulukcu 2007).

***Hyssopus officinalis* L**. (Hyssop) *Lamiaceae*. familyasından çörtükotu olarak bilinen çok yıllık çalı formunda 100 cm boylanabilen yaprakları parlak, genellikle mavi bazen pembe çiçekli aromatik bitkidir. Doğal olarak Küçük Asya, Akdeniz Bölgesi ve Güney Doğu Avrupa'dır. Kurutulmuş yaprak, çiçek ve çiçekli dallarından distilasyonla elde olunan uçucu yağ kozmetik, ilaç, alkollü ve alkolsüz içki sanayinde kullanılmaktadır (Tulukcu 2008).

Lavandula officinalis (Lavandula), *Lamiaceae*. familyasından Lavanta olarak bilinen çok yıllık çalı formunda 100 cm boylanabilen yaprakları tüylü, gri mavi yada koyu mavi çiçekli aromatik bitkidir. Doğal olarak Akdeniz Bölgesi ve Güney Doğu Avrupada bulunmaktdır. Kurutulmuş çiçek ve çiçekli dallarından distilasyonla elde olunan uçucu yağ kozmetik, parfüm, sabun, sakız, şekerleme sanayinde ve çay olarak kullanılmaktadır (Tulukcu 2007).

Mentha piperita (Mint), *Lamiaceae*. familyasından nane olarak bilinen çok yıllık 40 - 70 cm boylanabilen yaprakları tüylü, lila renkli çiçekli aromatik bitkidir. Doğal olarak Avrupa ve Güney Doğu Avrupada bulunmaktdır. Kurutulmuş yapraklarından, distilasyonla elde olunan uçucu yağ kozmetik, parfüm, sabun, sakız, diş macunu, şekerleme sanayinde ve gıdalarda kullanılmaktadır (Albayrak ve ark 2008)

Thymus vulgaris (Thyme) Türkiye'de en fazla ihracatı yapılan tıbbi bitkilerden birisi kekikdir. Türkiye'de halk arasında beş farklı cinse ait türler kekik olarak bilinmekte ve isimlendirilmektedir. Bunlar *Origanum* L., *Thymus* L., *Satureja* L., *Coridothymus* Reichb.fil. ve *Thymbra* L. cinsine ait türlerdir. Bunun sebebi ise yukarıda saydığımız türlerin yapraklarında bulunan uçucu yağ içindeki timol ve karvakrol kokusunun hepsinde ortak olmasıdır. Kekik adı altında ticareti yapılan 16 farklı takson bulunmaktadır. Türkiye'den ihraç edilen kekiğin tahminen %80'ni *Origanum* cinsine giren İzmir Kekiğidir. *Thymus vulgaris Lamiaceae*. familyasından kekik olarak bilinen çok yıllık 30 - 50 cm boylanabilen yaprakları tüylü, küçük beyaz çiçekli aromatik bitkidir. Doğal olarak Küçük Asya, Akdeniz Bölgesi Güney Doğu Avrupa ve Amerika'da bulunmaktdır. Kurutulmuş yaprakları ve çiçekli dallarından

distilasyonla elde olunan uçucu yağını antimikrobiyal özellikleri vardır. Ayrıca kekik suyu ve çay olarakta kullanılmaktadır (Sagdıc ve ark. 2009).

Dünyada bitki çayı çeşitliliği gün geçtikçe artmaktadır. Bugün daha önceleri yerel halk tarafından bilinen içimi sadece belirli coğrafyalarda yapılan birçok bitki çayı tanınır hale gelerek tüketilmeye başlamıştır.

Türkiye'de geleneksel çay olarak tüketilen birçok bitki çeşidi bulunmaktadır. Bu bitki çaylarının antimikrobiyal, antioksidan, antiviral, antikonvülsant (nöbet engelleyici) antiülser, antitrombin, antikanser/antitümör, antidepresan,kolestrol düşürücü ve yara iyileştirici gibi etkilerinin olduğu değişik araştırmalarda belirlenmiştir. Tıbbi bitklerin içermiş oldukları bazı biyokimsal maddeler infusion sırasında suya geçmekte ve insanlar tarafından alınmaktadırlar. Bu durum bitkisel çayların içimine ve beklenen faydayı etkilemektedir. Tıbbi bitkilerin içermiş oldukları etken maddeler ise yetiştirme ortamı ile yakından ilişkilidir (Polat ve ark. 2010).

İçilebilen tıbbi ve aromatik bitkiler yaklaşık olarak % 5–9 oranında ham yağ içermektedir. Buna bağlı olarak da %25' e kadar protein bulunduran tıbbi bitkilerdir. Bu bitkilerin kültür ortamlarında gelişmeleri uzun zaman almaktadır.

2. SONUÇ:

İnsanlar günlük yaşamlarında artık çok çeşitli bitkileri çay olarak kullanmakta aroması ve tadı hoşuna gidenleri ise daha fazla tüketmektedir. İnsanlar bazen aynı bitki çayını gün içinde 3 – 4 farklı zamanda ve ya aynı anda çok miktarda içmektedir. Çay olarak kullanılan bu bitkilerin içermiş oldukları bazı fitokimyasal maddeler de çay suyuna geçerek insan vücuduna alınmaktadır. Bu kimyasal maddelerin içinde bitki yapısını oluşturan yağ asitleri de bulunmaktadır. Çay olarak kullanılan bitkilerin insanlar tarafından tüketilmesinde sakınca olmayan veya faydalı yağ asitlerince zengin olması bu bitkilerin değerini artıracaktır.

Türkiye'de bitki çayı olarak kullanılan tıbbi bitkilerin tarımının yaygınlaşması ve çay olarak tüketiminin artması bu bitkilerin düzenli olarak tarımının yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Tıbbi bitkilerin bugün bile birçoğunun doğadan toplanıyor olması biyolojik çeşitliliği azaltmakta, genetik kaynak erozyonuna yol açmaktadır.

Tıbbi bitkilerin üretiminin yapıldığı ülkelerde verim çok düşük düzeylerdedir. Dolayısıyla elde edilen drog miktarı da düşük kalmaktadır. Ancak bu sonuçlar tıbbi bitkileri yetiştirmedeki potansiyelin çok düşük olduğu anlamına gelmemektedir. Tıbbi bitkilerin ileri tarım teknikleri uygulamaları ile verim artırılabilmektedir. Verim son yıllarda artık tek başına bir kriter olmaktan çıkmış kaliteyle beraber değer bulur hale gelmiştir.

KAYNAKLAR

Albayrak, S. Aksoy A. Sağdıç, O. 2008. XIX. Biological International Congress , Poster No: PB 039. Trabzon.

Arıoglu, H. H. 2007. Yağ Bitkileri Yetiştirme Ve Islahı Ders Kitabı. Genel Yayın No:220, Ders Kitapları Yayın No:A-70. Adana, 204 S.

Arıoglu, H., Güllüoglu, L. 2008. Türkiye'de Yağlı Tohum Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi ve Üretimi Artırabilmek İçin Alınması Gerekli Önlemler.Bitkisel Yemeklik Yağlar Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, s.26-37

Ayaz A. 2008. **Yağlı Tohumların Beslenmemizdeki Yeri.** Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727. ISBN : 978-975-590-243-2. Ankara

Kara Y., Kocak A., Tulukcu E., 2010. comprative study of the fatty acid composition and lipid content of Salvia sclarea, Chemistry of Natural Compounds, No: 4.

Polat, B. Karaman, K. Ozturk, I. Sagdıc, O. 2010. Türkiye'de Geleneksel Çay Olarak Tüketilen Bazı Bitkilerin Biyoaktif Özellikleri Ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. 1. Uluslar Arası "Adriyatik'ten Kafkaslar'a Geleneksel Gıdalar" Sempzoyumu Tekirdağ,

Sağdıç, O. Ozkan, G. Aksoy A. Yetim, H. 2009. Journal of the Science of Food and Agriculture, 89, 791.

Tulukcu, E. 2007. Rezene. Doğa & Sağlık Dergisi. Shf: 32. ISSN: 1305-4945. Sayı 9. İstanbul.

Tulukcu, E. 2008. Çörtükotu. Doğa & Sağlık Dergisi. Shf: 20. Issn: 1305-4945. Sayı 13. İstanbul

Tulukcu, E. 2007. Lavanta. Doğa & Sağlık Dergisi. Shf: 26. ISSN: 1305-4945. Sayı 12. İstanbul

NEVŞEHIR İLİ SU ÜRÜNLERİ KOOPERATİFLERİNE ÜYE BALIKÇILARIN SOSYO-DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Serap SAMSUN
Ordu Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışma, Nevşehir ili Su ürünleri Koopertiflerine üye balıkçıların sosyo-demografik durumlarını araştırmak amacı ile yapılmıştır. Araştırma bölgesi, Damsa Baraj Gölü avlak sahası olan Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi ile Bayramhacılı Baraj Gölü avlak sahası olan Göynük Su Ürünleri Kooperatifinden oluşmaktadır. Bölgede su ürünleri avcılığı yapan balıkçıların yaşları 37-68 arasında olup, bunların % 65.63'ü ilkokul, % 21.88'i lise, % 3.13'ünün üniversite mezunu olduğu görülmüştür. Balıkçıların tamamının sosyal güvencesi bulunduğu belirlenmiştir. Balıkçılık dışında tarım ve hayvancılıkla uğraşanların oranı % 18.75'tir. Balıkçıların % 90.63'ü evli olup, toplam hane halkı sayısının 120 olduğu tespit edilmiştir. Balıkçıların avlanma ekipmanları sade ağ ve manyattır.

Anahtar Kelimeler: Baraj Gölü, Sosyo-ekonomik Durum, Su Ürünleri Kooperatifi, Nevşehir

The Socio-Demographic Characteristics of Partner Fishermen to Fisheries Cooperatives in Nevşehir Province

ABSTRACT: This study has been carried out in order to investigate the socio-demographic conditions of fishermen in Nevşehir province. Research region consists of Mustafapaşa fishing cooperative which are Damsa Dam Lake fishing region and Göynük fishing cooperatives, which are fishing region of Bayramhacılı Dam Lake. Fishermen has been identified between 25 to 69 years old in the region and of them 65.63 % are primary school graduates, 21.88 % are high school graduates and 3.13 % are university graduates. 100 % of fishermen have social or health security. 18.75 % of those engaged in agriculture and animal raising other than fishing. 90.63 % of fishermen are married and, number of family members are 120. Fishing equipments are gill nets and beach seine

Key Words: Dam Lake, Socio-demographic Condition, Fisheries Cooperative, Nevşehir

1. GİRİŞ

Türkiye'nin sahip olduğu 178.000 km'lik akarsu, 900.000 ha'lık doğal göl, 228.621 ha'lık baraj ve göletten oluşan içsu potansiyeli, birçok balıkçının bu alanlarda avcılık yapmasına, yetiştiricilik tesisleri kurmasına ve balıkçıların bu faaliyetleri daha kolay ve etkin gerçekleştirebilmelerine olanak sağlamıştır (Cirik ve Cirik, 1999:6; Ünal vd., 2011:47). Ülkemiz toplam su ürünleri üretiminin (630.820 ton) % 22'si (136.155 ton) iç sularda gerçekleştirilen su ürünleri üretiminden oluşmaktadır (TÜİK, 2018).

Nevşehir ilinin başlıca akarsuyunu il topraklarından geçen Kızılırmak oluşturur. Nevşehir ili Avanos ilçesinde sınırları bulunan Bayramhacılı Barajı'nın yüzey alanı 460 hektar, Ürgüp ilçesi Mustafapaşa Kasabası Damsa Barajı yüzey alanı ise 82 hektardır (Anonim, 2018).

Balıkçılık sektöründe çalışan insanların sorunlarının tanınması ve beklentilerinin belirlenmesi, sektörün sorunlarını çözmek için kolaylık sağlayacaktır. Aynı zamanda, bir bölgenin sorunlarını ortaya koymak ve çözüm önerileri sunmak tüm ülke balıkçılarının sorunlarının çözümüne yardımcı olacaktır (Yücel, 2006:532).

Bu çalışmada Nevşehir ilindeki su ürünleri kooperatiflerine üye balıkçıların sosyo-demografik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. BULGULAR

Nevşehir ili sınırları içerisinde Damsa Baraj Gölü ve Bayramhacılı Baraj Gölü'nde 2 adet su ürünleri kooperatifi balıkçılık faaliyetlerini gerçekleştirmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Nevşehir İlindeki Su Ürünleri Kooperatiflerine Ait Bilgiler

Kooperatifin Adı	**Kooperatifin Avlak Sahası**	**Kooperatifin Kuruluş Yılı**	**Kooperatife Üye Balıkçı Sayısı**
Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi	Damsa Baraj Gölü	2000	15
Göynük Su Ürünleri Kooperatifi	Bayramhacılı Baraj Gölü	1996	17

Kooperatiflere üye balıkçıların avcılık için kullandıkları teknelerin boyları 3.5-7.5 m arasında değişmekte olup tamamı fiberglass malzemeden yapılmıştır. 7.3-7.5 m boylara sahip motorlu teknelerin motor gücü 7 HP'dir. Balıkçıların kullandığı av araçları sade uzatma ağları ve manyattan oluşmaktadır.

Göynük Su Ürünleri Kooperatifine üye balıkçıların yaşları 37 ile 66 arasında değişmekte olup % 41.2 ile çoğunluğu 60 ve üzerinde yaşa sahiptir. Balıkçıların % 88'i evli ve toplam hane halkı sayısı 72'dir. Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi balıkçılarının yaşları ise 48 ile 68 arasında değişmekle birlikte % 60 ile çoğunluğu 60 yaş üzerindedir. Balıkçıların % 93.3'ü evli olup toplam hane halkı sayısı 48'dir (Tablo 2). Her iki kooperatife üye balıkçıların tamamı erkektir.

Tablo 2. Kooperatiflere Üye Balıkçıların Yaş Dağılımı ve Medeni Durumu

	Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi		**Göynük Su Ürünleri Kooperatifi**	
Yaş Grupları	**Balıkçı Sayısı**	**%**	**Balıkçı Sayısı**	**%**
20-29	-	-	-	-
30-39	-	-	1	5.9
40-49	1	6.7	4	23.5
50-59	5	33.3	5	29.4
60 ve üzeri	9	60	7	41.2
Medeni Durumları				
Evli	14	93.3	15	88.2
Bekar	1	6.7	2	11.8

Her iki Su Ürünleri Kooperatifi balıkçılarının öğrenim düzeylerine bakıldığında % 47.1 (Göynük) ve % 86.6 (Mustafapaşa) ile çoğunluğu ilkokul mezunudur. Üniversite mezunu balıkçı (% 6.7) sadece Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi'nde bulunmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Kooperatiflere Üye Balıkçıların Eğitim Durumu

	Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi		**Göynük Su Ürünleri Kooperatifi**	
Eğitim Durumları	**Balıkçı Sayısı**	**%**	**Balıkçı Sayısı**	**%**
İlköğretim Terk	-	-	3	17.6
İlköğretim	13	86.6	8	47.1
Lise	1	6.7	6	35.3
Üniversite	1	6.7	-	-

Göynük Su Ürünleri Kooperatifi balıkçıları 10-22 yıl arasında mesleki deneyime sahip olup % 76.5 ile çoğunluğu 11 yıl ve üzeri balıkçılıkla uğraşmaktadır. Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi balıkçılarının ise 5-18 yıl arasında mesleki deneyime sahip olduğu ve % 93.3 ile çoğunluğun 11 yıl ve üzeri balıkçılıkla uğraştığı tespit edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Kooperatiflere Üye Balıkçıların Mesleki Deneyim Durumu

	Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi		**Göynük Su Ürünleri Kooperatifi**	
Çalışma Süresi (Yıl)	**Balıkçı Sayısı**	**%**	**Balıkçı Sayısı**	**%**
≤5	1	6.7	-	-
6-10	-	-	4	23.5
≥11	14	93.3	13	76.5

Göynük Su Ürünleri Kooperatifi balıkçılarının tamamının sosyal güvencesi bulunmaktadır. Baraj gölü civarındaki köylerde ikamet eden balıkçıların % 52.9'unun emekli olduğu, % 11.8'inin aynı zamanda çiftçilikle uğraştığı belirlenmiştir. Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi balıkçılarının ise % 66.6 ile çoğunluğu emeklilerden oluşmakta olup, balıkçılıkla birlikte çiftçilik yapanların oranı %

26.7'dir. Balıkçıların tamamının sosyal güvenceye sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 5. Kooperatiflere Üye Balıkçıların Sosyal Güvenlik ve Balıkçılıktan Başka Gelir Durumu

	Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi		**Göynük Su Ürünleri Kooperatifi**	
Sosyal Güvenlik Durumu	**Balıkçı Sayısı**	**%**	**Balıkçı Sayısı**	**%**
Var	15	100	17	100
Yok	-	-	-	-
Balıkçılıktan Başka Gelir Durumu				
Emekli	10	66.6	9	52.9
Çiftçi	4	26.7	2	11.8
Turizm Sektörü	1	6.7	2	11.8
Esnaf	-	-	4	23.5

2016-2017 av sezonunda Göynük Su Ürünleri Kooperatifinin avladığı balık miktarı 16 ton, Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifinin ise 4 ton'dur. Avcılığı yapılan balık türleri, Aynalı Sazan, Tatlısu Kefali, Gümüş Balığı, Siraz Balığı ve Kadife Balığıdır. Avlanan balıklar bölgede bulunan su ürünleri satış yerlerine satılmakla birlikte, sadece gümüş balığı ihracatçı firmalar aracılığı ile yurt dışına pazarlanmaktadır.

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada, Nevşehir ili sınırları içerisinde yer alan Damsa Baraj Gölü ve Bayramhacılı Baraj Gölü'nde su ürünleri avcılığı yapılan 2 adet su ürünleri koopertifine üye balıkçıların sosyo-demografik yapıları değerlendirilmiştir.

Bayhan vd., (2014:43), Adıyaman ilindeki balıkçıların yaşlarının 18-59 arasında değiştiğini ve % 50'lik oranla çoğunluğun 36-50 yaşları arasında dağılım gösterdiğini, 18-25 yaş aralığının ise % 3.1 ile en az orana sahip olduğunu bildirmişlerdir. Uzmanoğlu ve Soylu, (2012:176), % 90.91'i evli olan, Yeni Karpuzlu Baraj Gölü balıkçılarının yaşlarının 20 ila 59 arasında değiştiğini ve 40-49 yaşlarında olan balıkçıların % 40.91 ile çoğunluğu oluşturduğunu, ayrıca 20-29 yaşları arasındaki balıkçıların ise % 9.09 oranı ile son sırada geldiğini belirtmişlerdir. Uzmanoğlu vd. (2013:9), Eğirdir Gölü balıkçılarının yaş dağılımının 24-78 arasında değiştiğini ve en fazla (% 40) yaşın 50-59 yaşları arasında olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada, Göynük Su Ürünleri Kooperatifi balıkçılarının % 88.2'sinin evli olduğu, % 41.2 ile çoğunluğun 60 yaş ve üzerinde olduğu, Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi balıkçılarının ise % 93.3'ünün evli ve % 60 ile çoğunluğunun 60 ve üzeri yaşa sahip olduğu belirlenmiştir.

Yeni Karpuzlu Baraj Gölü balıkçılarının % 95.45'inin ilköğretim ve % 4.55'inin lise mezunu olduğu (Uzmanoğlu ve Soylu, 2012:176), Adıyaman ili balıkçılarının ise tamamının okur yazar olmakla birlikte % 71.9 ile en fazla ilkokul diplomasına sahip oldukları (Bayhan vd. 2014:43) tespit edilmiştir. Uzmanoğlu vd. (2013:9), Eğirdir Gölü balıkçılarının % 72,50'sinin ilkokul, % 15,83'ünün ortaokul, % 8,33'ünün lise ve % 1,67'sinin de üniversite mezunu olduğunu saptamışlardır. Göynük Su Ürünleri Kooperatifi balıkçılarının % 47.1'i ilkokul mezunu olup, % 17.6'sının ilköğretimini tamamlamadığı belirlenmiştir. Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi balıkçılarının ise % 86.6'sı ilkokul mezunu olmakla birlikte, üniversite mezunlarının oranı % 6.7'dir.

Bayhan vd., (2014:43), Adıyaman ili balıkçılarının % 43.7'sinin 11-20 yıl arasında, % 9.4'ünün ise 21 ve üzeri yıl balıkçılık deneyimine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Göynük Su Ürünleri Kooperatifi balıkçılarının % 76.5, Mustafapaşa Su Ürünleri Kooperatifi balıkçılarının ise % 93.3 ile çoğunluğu 11 yıl ve üzeri mesleki deneyime sahiptir. Her iki kooperatife üye balıkçıların gerek yaş, gerekse meslekteki tecrübelerine bakıldığında genç neslin bu mesleğe fazla ilgi göstermediği dikkat çekmektedir. Bölgedeki gençler, mesleğin getirisinin, günümüz şartlarında yeterli olmadığını düşünmektedir.

Uzmanoğlu ve Soylu, (2012:176), Yeni Karpuzlu Baraj Gölü balıkçılarının % 40.91'inin Bağ-Kur'lu, % 59.09'unun ise hiçbir sosyal güvencesinin bulunmadığını ve % 90.91'inin balıkçılığın yanı sıra çiftçilik yaptığını belirtmişlerdir. Bayhan vd., (2014:43), Adıyaman ili balıkçılarının % 84.4'ünün sosyal güvencesinin olmadığını ve % 59.4'ünün balıkçılık yanında tarım, hayvancılık ile veya başka işlerde çalıştığını bildirmişlerdir. Uzmanoğlu vd. (2013:10), Eğirdir Gölü balıkçılarının % 48.33 ile çoğunluğun balıkçılıktan başka bir gelirinin olmadığını, bunu % 25 ile balıkçılık

dışında çiftçilikle uğraşanların takip ettiğini tespit etmişlerdir. Göynük Su Ürünleri Kooperatifi balıkçılarının % 52.9 ile çoğunluğu emeklilerden oluşmaktadır. Balıkçılığın yanında çiftçilik yapanların oranı ise % 11.8'dir. Mustafapaşa Su ürünleri Kooperatifi balıkçılarının % 66.6'sı emekli, % 26.7'si ise çiftçilikle uğraşmaktadır. Her iki kooperatife üye balıkçıların tamamının sosyal güvencesinin olduğu ve yine tamamının balıkçılıktan başka gelirlerinin bulunduğu, ek gelir sağlamak için balıkçılık yaptıkları tespit edilmiştir.

2016-2017 av sezonunda her iki kooperatifin avladığı balık miktarı toplam 20 ton'dur. Avlanan balıkların ortalama perakende satış fiyatlarının balığın türüne, avlanma miktarına, avcılık zamanına ve büyüklüğüne göre 1.00-5.00 TL/kg arasında değiştiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, bölgedeki balıkçılık faaliyetleri ek iş olarak yapılmaktadır. Çoğunluğu baraj gölleri yakınlarında bulunan yerleşim yerlerinde ikamet etmekte olan balıkçıların yaş ortalaması yüksek olup babadan oğula geçmiş bir meslek olarak devam etmektedir. Ekonomik düzeylerinin istenilen düzeyde olmadığı ve gençlerin bu mesleğe yönelmediği dikkat çekmektedir. Sürdürülebilir balıkçılık yönetimi planlaması yapılırken, kredi ve teşviklerle balıkçıların sosyal ve ekonomik durumlarını iyileştirici koşulların sağlanması, ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından mesleki eğitimlerin verilmesi büyük önem kazanmaktadır. Balıkçılık faaliyetlerinin bilinçli ve ekonomik hale getirilmesi yöre halkının istihdamını artıracak ve dolayısıyla bölge ekonomisine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Anonim (2018). Nevşehir ili coğrafik yapısı. Nevşehir Valiliği, http://www.nevsehir.gov.tr/kurumlar/nevsehir.gov.tr/ilimizrehber/2018yeni/cografi.pdf- (Erişim tarihi: 20.05.2018).

Bayhan, Y. K., Korkmaz, S., ve Olgunoğlu, M. P. (2014). Adıyaman ili balıkçılığının mevcut durumu ve sorunları. Yunus Araştırma Bülteni, (4), 37-46.

Cirik, S. ve Cirik, Ş. (1999). Limnoloji. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No. 21, 166s.

TÜİK (2018). Su ürünleri istatistikleri. Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Uzmanoğlu, S. ve Soylu, M. (2012). Yeni Karpuzlu Baraj Gölü balıkçılarının sosyo-ekonomik yapısı. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 29(4), 175-179.

Uzmanoğlu, S., Morkoyunlu Yüce, A., Bilgin, M. ve Soylu, M. (2013). Eğirdir Gölü Balıkçı Profili. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 9(2): 8-13.

Ünal, V., Yercan, M. ve Günden, C. (2011). The status of fishery cooperatives along the Aegean Sea coast (Turkey). Journal of Applied Ichthyology, 27: 854-858.

Yücel, Ş. (2006). Orta Karadeniz Balıkçılığı ve Balıkçıların Sosyo-Ekonomik Durumu. E.Ü. Journal of Fisheries &Aquatic Sciences, Vol:23, Suppl.1/3, 529-532.

UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE BUĞDAY BİTKİSİNİN İNCELENMESİ

Arş. Gör. Yunus KAYA
Harran Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Nizar POLAT
Harran Üniversitesi

ÖZET: Günümüzde sağlık koşullarının iyileşmesi, insanların bilinç düzeylerinin artması gibi sebeplerden dolayı dünya nüfusu hızla gelişmektedir. Diğer yandan dünya nüfusu sürekli artarken tarım alanları çölleşme, iklim değişikliği, bazı yanlış tarım politikaları, tarım alanlarının tahribatı gibi nedenlerle her geçen gün azalmaktadır. Buğday bitkisi Türkiye tarımında en çok üretilen tahıl konumundadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre tahıl ürünleri için ayrılan alanların %62 sinde buğday bulunmaktadır. Bu sebeple buğdayın ekiminden hasata olan sürecinde her aşamasının dikkatle incelenmesi önemlidir. Bu sürecin fiziki olarak gerçekleştirilmesi çok zordur. Bu noktada radyometrik, mekânsal, spektral ve zamansal özellikleri sayesinde uydu sistemleri ciddi çözümler sunmaktadır. Bu çalışmada Şanlıurfa ili Ceylanpınar ilçesinde bulunan Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM) arazisinde ekilen buğdayın, temin edilebilen uygun uydu görüntüleri kullanılarak, ekimden hasada kadar fenolojik evreleri incelenmiştir. 2016- 2017 ve 2017- 2018 sezonu için Landsat 8 ve Sentinel 2A uydularından elde edilen görüntüler kullanılarak bitki örtüsü indeksi üretilmiş ve farklı evrelerde bitkilerin yansıtım değerleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: buğday, uydu görüntüsü, bitki örtüsü indeksi, fenolojik evre.

Investigation of Wheat Plant With Satellite Images

ABSTRACT: Today, the world population is rapidly developing due to reasons such as improving health conditions and increasing the awareness level of people. On the other hand, while the world population is constantly increasing, agricultural areas are decreasing day by day due to desertification, climate change, some wrong agricultural policies and destruction of agricultural areas. Wheat is the most produced grain in the agriculture of Turkey. According to TUIK data, wheat is cultivated on approximately 62% of the land which is dedicated to certain grain in Turkey. For this reason, it is important to examine every stage of wheat from planting to harvesting process carefully. This process

is very difficult to perform physically. At this point, satellite systems offer serious solutions thanks to their radiometric, spatial, spectral and temporal resolutions. In this study, the phenological stages of the wheat planted from Ceylanpınar district of Sanliurfa province, from planting to harvest using suitable satellite imagery, were investigated. Vegetation index was produced by using images obtained from Landsat 8 and Sentinel 2A satellites for 2016-2017 and 2017-2018 season and the reflectance values of plants in different stages were examined.

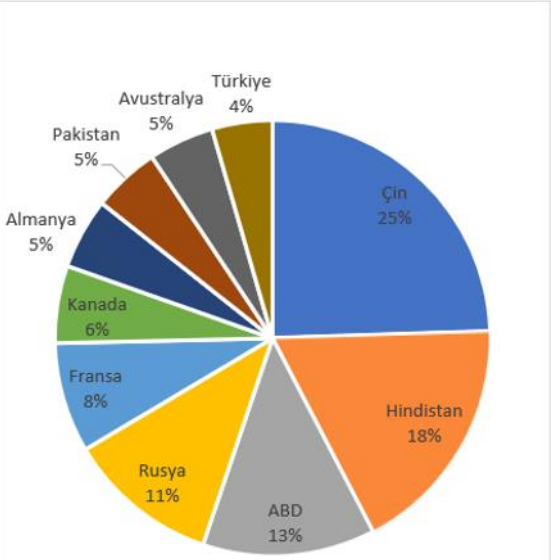
Keywords: wheat, satellite image, vegetation index, phenological stage

1. GİRİŞ

Kuraklık ve nüfus artışına bağlı olarak artan gıda talebi tüm dünyada tarımı daha önemli bir hale getirmektedir. Öte yandan iklim koşullarının uygun olması ve verimli topraklara sahip olmamız sebebiyle tarım ülkemizin ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Ülke nüfusunun beslenmesini sağlaması, milli gelire ve istihdama katkı sağlaması, sanayi sektörünün hammadde ihtiyacını karşılaması, ihracata doğrudan ve dolaylı yoldan katkıda bulunması tarım sektörünü ekonomimizde vazgeçilmez hale getirmektedir.

Hayvancılık ve tarımsal ürün çeşitliliğinin giderek azaldığı günümüzde pek çok ülke sektörün daha güçlü bir şekilde muhafaza edilmesi adına tarımın önemli bir boyutu olarak gördükleri verimli ve sürdürülebilir gıda güvenliği hususunu desteklemektedir. Gelişmiş ülkeler tarım sektörlerini gelişmekte olan ülkelere karşı her zaman daha fazla oranda korumuştur. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) raporuna göre buğday bitkisi dünyada en çok üretimi yapılan tahıllardan biridir. Dünyada buğday üretimi yapan ülkelerin sıralamasına bakıldığında bu ülkelerin aynı zamanda ekonomik anlamda güçlü ülkeler olduğu görülmektedir (Şekil 1).

ÜLKE	ORTALAMA BUĞDAY ÜRETİMİ (TON)
Çin	109 920 590
Hindistan	80 101 670
ABD	57 565 453
Rusya	50 667 414
Fransa	36 606 223
Kanada	25 792 170
Almanya	23 581 517
Pakistan	22 439 273
Avustralya	21 821 801
Türkiye	20 144 117



Şekil·1.·En·Çok·Buğday·Üretimi·Yapan·10·Ülke·(FAO)¶

Şekil 1. En Çok Buğday Üretimi Yapan 10 Ülke (FAO)

Şekil 1'de belirtildiği gibi Türkiye dünyadaki en fazla buğday üretimi yapan ülkelerden biridir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre Türkiye'de son 18 yılda tahıl ürünleri için ayrılan alanların ortalama %62 sinde buğday bulunmaktadır. Ayrıca buğday miktarının toplam üretilen tahıl miktarına oranı ortalama %39'dur (Tablo 1 ve 2).

Tablo 1. 2001-2018 Yılları Arası Ekilen Tahıl Alanları (TÜİK)

Ekilen alan (dekar)	Buğday	Arpa	Mısır	Ayçiçeği	Pamuk	Şekerpancarı	TOPLAM	Buğday Alanlarının Oranı (%)
2001	93 500 000	36 400 000	5 500 000	5 100 000	6 846 650	3 587 630	**150 934 280**	**62**
2002	93 000 000	36 000 000	5 000 000	5 500 000	7 210 770	3 724 680	**150 435 450**	**62**
2003	91 000 000	34 000 000	5 600 000	5 450 000	6 373 290	3 153 030	**145 576 320**	**63**
2004	93 000 000	36 000 000	5 450 000	5 500 000	6 400 450	3 153 440	**149 503 890**	**62**
2005	92 500 000	36 500 000	6 000 000	5 660 000	5 468 800	3 358 120	**149 486 920**	**62**
2006	84 900 000	36 498 000	5 360 000	5 854 000	5 907 000	3 256 995	**141 775 995**	**60**
2007	80 977 000	34 280 165	5 175 000	5 546 778	5 302 528	3 002 421	**134 283 892**	**60**
2008	80 900 000	29 500 000	5 950 000	5 800 000	4 950 000	3 219 806	**130 319 806**	**62**
2009	81 000 000	30 100 000	5 920 000	5 840 000	4 200 000	3 244 428	**130 304 428**	**62**
2010	81 034 000	30 400 000	5 940 000	6 414 000	4 806 500	3 291 669	**131 886 169**	**61**
2011	80 960 000	28 688 331	5 890 000	6 557 000	5 420 000	2 972 648	**130 487 979**	**62**
2012	75 296 394	27 487 664	6 226 094	6 046 160	4 884 963	2 806 945	**122 748 220**	**61**
2013	77 726 000	27 205 100	6 599 980	6 097 839	4 508 900	2 913 282	**125 051 101**	**62**
2014	79 192 084	27 872 973	6 586 450	6 574 576	4 681 429	2 887 851	**127 795 363**	**62**
2015	78 668 874	27 835 830	6 881 699	6 853 174	4 340 134	2 744 873	**127 324 584**	**62**
2016	76 719 448	27 400 521	6 800 192	7 201 081	4 160 098	3 224 477	**125 505 817**	**61**
2017	76 688 785	24 247 372	6 390 844	7 796 217	5 018 534	3 392 742	**123 534 494**	**62**
2018	72 992 701	26 119 403	5 919 003	7 344 651	5 186 342	2 921 044	**120 483 144**	**61**

Tablo 2. 2001-2018 Yılları Arası Üretilen Tahıl Miktarları (TÜİK)

Üretim (Ton)	Buğday	Arpa	Mısır	Ayçiçeği	Pamuk	Şekerpancarı	TOPLAM	Buğday Üretim Oranı (%)
2001	19 000 000	7 500 000	2 200 000	650 000	2 357 892	12 632 522	**44 340 414**	**43**
2002	19 500 000	8 300 000	2 100 000	850 000	2 541 832	16 523 166	**49 814 998**	**39**
2003	19 000 000	8 100 000	2 800 000	800 000	2 345 734	12 622 934	**45 668 668**	**42**
2004	21 000 000	9 000 000	3 000 000	900 000	2 455 071	13 517 241	**49 872 312**	**42**
2005	21 500 000	9 500 000	4 200 000	975 000	2 240 000	15 181 247	**53 596 247**	**40**
2006	20 010 000	9 551 000	3 811 000	1 118 000	2 550 000	14 452 162	**51 492 162**	**39**
2007	17 234 000	7 306 800	3 535 000	854 407	2 275 000	12 414 715	**43 619 922**	**40**
2008	17 782 000	5 923 000	4 274 000	992 000	1 820 000	15 488 332	**46 279 332**	**38**
2009	20 600 000	7 300 000	4 250 000	1 057 125	1 725 000	17 274 674	**52 206 799**	**39**
2010	19 674 000	7 250 000	4 310 000	1 320 000	2 150 000	17 942 112	**52 646 112**	**37**
2011	21 800 000	7 600 000	4 200 000	1 335 000	2 580 000	16 126 489	**53 641 489**	**41**
2012	20 100 000	7 100 000	4 600 000	1 370 000	2 320 000	14 919 940	**50 409 940**	**40**
2013	22 050 000	7 900 000	5 900 000	1 523 000	2 250 000	16 488 590	**56 111 590**	**39**
2014	19 000 000	6 300 000	5 950 000	1 637 900	2 350 000	16 743 045	**51 980 945**	**37**
2015	22 600 000	8 000 000	6 400 000	1 680 700	2 050 000	16 022 783	**56 753 483**	**40**
2016	20 600 000	6 700 000	6 400 000	1 670 716	2 100 000	19 592 731	**57 063 447**	**36**
2017	21 500 000	7 100 000	5 900 000	1 964 385	2 450 000	21 149 020	**60 063 405**	**36**
2018	20 000 000	7 000 000	5 700 000	1 949 229	2 570 000	17 436 100	**54 655 329**	**37**

Yine de bazı yanlış tarım politikalarının uygulanması, tarımda modern üretim tekniklerinin yeterince yaygınlaşamaması gibi sebeplerden dolayı tarım, ülkemiz ekonomisine beklenen katkıyı sağlayamamaktadır. Tarımda modern tekniklerin hızla yaygınlaşması hem ülke ekonomimiz açısından hem de tarım alanlarımızın maksimum verimle değerlendirilmesi açısından önemlidir. Dolayısıyla tarım ürünlerinin ekim sürecinden hasat sürecine kadar her aşamasının dikkatle incelenmesi önem arz

etmektedir. Uydu sistemlerinin gelişmesiyle birlikte önem kazanan uzaktan algılama teknikleri tarım alanında birçok farklı şekilde kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de bitkilerin fenolojik evrelerinin incelenmesidir. Uydu sistemlerine yerleştirilen özel algılayıcılar sayesinde yeryüzüne ilişkin çok bantlı görüntüler elde etmek mümkündür. Landsat-8 ve Sentinel-2A uydularından alınan ücretsiz veriler sayesinde yeryüzüne ilişkin yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerini kullanarak bitki örtüsünün zamansal değişimi takip edilebilir.

Jackson vd. (1980)'e göre yansıma oranları ile hesaplanan indeksler bitkilerin fizyolojik gelişimi hakkında önemli bilgiler vermektedir. Pinter vd. (1981) arpa ve buğday bitkilerine ait yansıma değerlerinden elde ettikleri NDVI değerleri yardımıyla fenolojik evrelerdeki değişimleri incelemiştir. Rudorff ve Batista (1990) 1988 sezonunda yetişen üç farklı buğdayın gelişim evrelerini incelemişlerdir. Çalışmada dört farklı çiftlikten 30 örnek alınmış ve yansıtım değerleri incelenmiştir. Moran vd. (1997)'e göre bitkilerin fenolojik evrelerinin incelenmesinde uydu görüntüleri önemli bilgiler sağlamaktadır. Pinter vd. (2003) elektromanyetik spektrum ve temel agronomik koşullar ile biyofiziksel bitki süreçleri arasındaki temel ilişkileri araştırmışlardır. Bunun yanında sulama zamanlaması, besin yönetimi, haşere kontrolü ve verim tahmini konularında uzaktan algılamanın kullanılmasına ilişkin örnek uygulamalar sunmuşlardır.

Bu çalışmada Şanlıurfa ili Ceylanpınar ilçesinde bulunan Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM) arazisi üzerinde ekilen buğday bitkisinin ekimden hasada kadar fenolojik evreleri incelenmiştir. Çalışmada 2016-2017 ve 2017-2018 sezonu için Landsat 8 ve Sentinel 2A uydularından elde edilen çok bantlı görüntüler kullanılarak bitki indeksi üretilmiş ve buğday bitkisinin farklı evrelerde yansıtım değerleri incelenmiştir.

2. MATERYAL METOT

2.1. Uydu Görüntüleri

Bu çalışmada buğday bitkisinin fenolojik evrelerini incelemek için yeterli mekânsal çözünürlüğe sahip ve internet üzerinden ücretsiz olarak temin edilebilen farklı çözünürlükteki (LANDSAT 8(URL-3) ve SENTINEL-2(URL-4)) çok bantlı uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Landsat 8 uydu verileri Amerika Yerbilimsel Araştırmalar Kurumu (USGS) ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından ücretsiz olarak paylaşılmaktadır. LANDSAT-8 uydu görüntüleri 16 gün zamansal çözünürlüğe ve 30 metre mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Sentinel 2 uydu verileri Avrupa Uzay Ajansı (ESA)

tarafından ücretsiz olarak paylaşılmaktadır. Sentinel-2A uydu görüntüleri 10-60 metre aralığında farklı mekânsal çözünürlüklü 13 banda sahiptir ve her 5 günde bir aynı yeri görüntülemektedir.

2.2. Bitki İndeksleri

Literatürde uydu görüntülerini kullanarak bitki örtüsü belirlemek için çok sayıda bitki indeksi bulunmaktadır. NDVI (Normalized differance vegetation index), SAVI (Soil adjusted vegetation index), OSAVI (Optimized soil-adjusted vegetation index), EVI (Enhanced vegetation index) bunlardan bazılarıdır. NDVI ve SAVI indeksleri bunlardan en sık kullanılanlarıdır.

Bilindiği gibi bitkiler mavi ve kırmızı dalga boyundaki enerjinin büyük bir bölümünü absorbe ederken yakın kızılötesi (YKÖ) banttaki enerjinin çoğunu yansıtırlar ve bu şekilde bitki diğer arazi örtülerinden kolaylıkla ayırt edilebilir. Klorofilin yakın kızılötesi enerjiyi yansıtma ve kırmızı ışığı soğurması ile bitki örtüsü olmayan yerlerin ayrılması NDVI ile formulize edilebilmektedir (Çatal Reis ve Bayram, 2015). Bu amaçla belirlenen her bir pikselin NDVI değeri (1) eşitliği ile hesaplanır ve -1 ile +1 arasında değer alır.

$$NDVI = \frac{\mathrm{NIR} - \mathrm{Red}}{NIR + Red} \tag{1}$$

Elde edilen NDVI değeri -1'e yaklaştıkça bitki örtüsü yoğunluğu azalmakta, +1'e yaklaştıkça bitki örtüsü yoğunluğu artmaktadır. NDVI, yeşil bitkilerin pikseli tamamen kapladıkları zaman yüksek, hiçbir yeşil bitki olmadığı zaman ise düşüktür. Normalize edilmiş olması farklı güneş açısı etkilerini de ortadan kaldırır (Kayahan, 2013).

SAVI indeksi temel olarak NDVI'ya benzemektedir, ancak SAVI indeksinde NDVI'dan farklı olarak toprak alanlarının etkisi daha fazladır. Bu sebeple SAVI indeksinde arka plan ayar faktörü (L) kullanılmaktadır. L değeri bitki örtüsünün çok yoğun olduğu bölgelerde sıfır (0) ya da sıfıra yakın, bitki örtüsünün seyrek olduğu bölgelerde ise 1 ya da 1'e yakın değerler almaktadır. Çalışmada L değeri çalışma sahasındaki bitki örtüsünün normal yoğunluklu olmasından dolayı 0,50 alınmıştır. SAVI değeri -1 ile +1 arasında değerler alır ve (2) eşitliği ile hesaplanır.

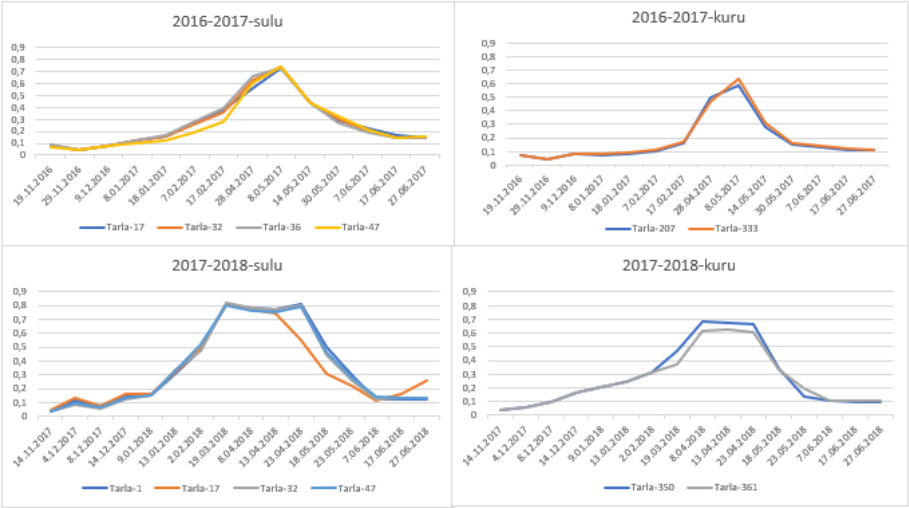
$$SAVI = \frac{NIR - Red}{\mathrm{NIR} + \mathrm{Red} + \mathrm{L}} x(1 + L) \tag{2}$$

3. UYGULAMA

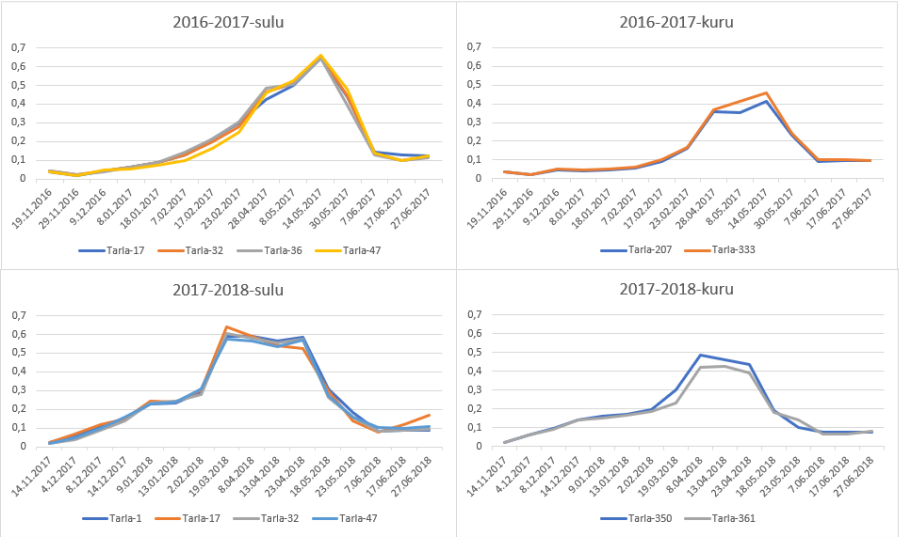
Çalışma alanı olarak Şanlıurfa iline bağlı Ceylanpınar ilçesinde bulunan Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM) arazisi tercih edilmiştir (Şekil 2).

Şekil 2. Çalışma alanı

Çalışmada 2016-2017 ve 2017-2018 sezonuna ait buğday bitkisi analizi yapılmıştır. İnternetten indirilen LANDSAT-8 ve SENTINEL-2 uydu görüntülerinden çalışma alanının bulutsuz ve temiz olduğu görüntüler seçilerek kullanılmıştır. Uygulamada 5 adet LANDSAT-8 uydu görüntüsü ve 26 adet SENTINEL 2 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Elde edilen uydu görüntülerine ait NDVI ve SAVI değerleri; LANDSAT-8 görüntüleri için ENVI, SENTINEL-2 görüntüleri için SNAP yazılımında oluşturulmuştur. Üretilen NDVI ve SAVI indeks değerleri sayısal hale getirilmiş ve her tarih için parsel bazlı ortalama değerler alınmıştır. Daha sonra ortalama indeks değerleri yardımıyla buğday bitkisinin fenolojik evreleri grafik şeklinde gösterilmiştir (Şekil3 ve 4).



Şekil 3. Her iki sezona ait parsel bazlı NDVI değerleri



Şekil 4. Her iki sezona ait parsel bazlı NDVI değerleri

2016-2017 sezonundaki NDVI ve SAVI grafikleri incelendiğinde hem sulu hem de kuru tarımın yapıldığı tarlalardaki NDVI ve SAVI değerleri mayıs ayının ortalarına doğru (8 Mayıs 2017-14 Mayıs 2017) en yüksek değerlerine ulaşmıştır.

2016-2017 sezonunda başağa kalkma ve çiçeklenme aşaması mayıs ayının ortalarında gerçekleşmiştir.

2017-2018 sezonundaki NDVI ve SAVI grafikleri incelendiğinde NDVI ve SAVI değerleri mart ayının sonundan Nisan ayının sonuna kadar yüksek değerler almıştır. Başağa kalkma ve çiçeklenme aşaması 2017-2018 sezonunda mart ayının sonlarında gerçekleşmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada bitki indekslerinin fenolojik evrelerin incelenmesinde kullanılabilirliği incelenmiştir. İki farklı sezona ait elde edilen uydu görüntülerinden türetilen NDVI ve SAVI değerleri incelenmiş ve buğday bitkisinin gelişim evreleri grafik üzerinde belirlenmiştir. Uydu görüntü verilerinin bitki gelişim süreçlerinin takibinde kullanılmasının çeşitli avantajları vardır. Uydu görüntüleri internet üzerinden temin edilebildiği için arazi çalışmasına ihtiyaç duyulmamaktadır ve bu da çalışmanın süresini ciddi anlamda kısaltmaktadır. Ayrıca TİGEM gibi büyük arazilerde inceleme yapmak için yersel gözlemler uzun zaman almaktadır. Uydu görüntüleri bu noktada pratik ve ekonomik çözümler sunmaktadır.

KAYNAKLAR

ÇATAL REİS, H. ve BAYRAM, B. (2015). “Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Kontrolsüz Sınıflandırma Yöntemi ile Bitki Örtüsü Değişimi: Konya Yunak Örneği”, 15.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Türkiye.

JACKSON, R. D., PİNTER JR, P. J., REGİNATO, R. J., IDSO, S. B. (1980). “Handheld radiometry: A set of notes developed for use at the Workshop of Handheld radiometry”, NASA Technical Reports Server.

KAYAHAN, N. (2013). Uzaktan Algılama Kullanılarak Silajlık Mısır Veriminin Tahminlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

MORAN, M. S., INOUE, Y., BARNES, E. M. (1997). “Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management”, Remote sensing of Environment, 61(3), 319-346.

PİNTER JR, P. J., JACKSON, R. D., IDSO, S. B., REGİNATO, R. J. (1981). "Multidate spectral reflectance as predictors of yield in water stressed wheat and barley", International Journal of Remote Sensing, 2(1), 43-48.

PİNTER JR, P. J., HATFİELD, J. L., SCHEPERS, J. S., BARNES, E. M., MORAN, M. S., DAUGHTRY, C. S., UPCHURCH, D. R. (2003). "Remote sensing for crop management", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 69(6), 647-664.

RUDORFF, B. F. T., BATİSTA, G. T. (1990). "Spectral response of wheat and its relationship to agronomic variables in the tropical region", Remote Sensing of Environment, 31(1), 53-63.

AVRUPA UZAY AJANSI (ESA) (2019). "Sentinel-2A Uydu Görüntüleri", https://scihub.copernicus.eu/, 19.11.2019.

GIDA VE TARIM ÖRGÜTÜ (FAO) (2019). "En Çok Buğday Üretimi Yapan Ülkeler", http://www.fao.org/faostat/en/#home, 19.11.2019.

TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU (TÜİK) (2019). "2001-2018 Yılları Arasında Ekilen Tahıl Arazileri ve Üretilen Tahıl Miktarları", http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001, 19.11.2019.

YERBİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KURUMU (USGS) (2019). "Landsat-8 Uydu Görüntüleri", https://earthexplorer.usgs.gov/, 19.11.2019.

KENTSEL GELİŞİM SÜRECİNDE KENT PEYZAJLARI: ŞANLIURFA ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Nilüfer KART AKTAŞ
İstanbul Üniversitesi

Elif SUBAŞI

ÖZET: Çalışmada büyük ölçekli değişim gösteren Şanlıurfa İli'nin kentsel değişim ve gelişim süreci incelenmiş, bu değişimin kent peyzajına etkisi araştırılmıştır. Şanlıurfa İli örneğinde kentsel değişim sürecinin en yoğun yaşandığı Karaköprü İlçesi ve bu değişim sürecinden az da olsa uzak kalabilmiş, hala geleneksel kent dokusu özellikleri gösteren Eyyübiye İlçesi karşılaştırılmıştır.

Şanlıurfa kenti geleneksel yerleşim alanı olarak belirlenen Eyyübiye İlçesi ve Karaköprü İlçesi; farklı değerlendirme kıstaslarına göre (yeşil doku, doğal çevreye uyum, malzeme, yerleşim alanı seçimi, sosyal ve mimari doku) değerlendirilmiş, güncel gelişmeler ve yeni yapılanma kapsamında Karaköprü İlçesinde oluşan ekolojik yıpranma ve tarımsal alanların tahribatı ortaya konulmuş ve bu değerlendirmeler kent peyzajı açısından karşılaştırılmıştır. Karaköprü İlçesinin sahip olduğu henüz yapılaşmamış doğal peyzaj alanları kentleşme baskısı ile karşı karşıya olduğu gözlemlerle tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda, yeni oluşturulacak olan yerleşim alanlarının, topografya ve araziye uygun yönlenme, yörenin iklimine uygun tasarım, bina formlarının, plan kurgusunun, malzeme ve teknoloji kullanımının yöreye uygunluğu, yeşil dokuya duyarlılığı gibi geleneksel yapıyı model almaları ve kent peyzajını korumalarının önemi ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Kentsel değişim, Kentsel kimlik, Geleneksel peyzaj

Urban Landscapes in Urban Development Process: Example of Şanlıurfa

ABSTRACT: In this study, the process of urban change and development of Şanlıurfa, which shows a large scale change, is examined and the effect of this change on the urban landscape is investigated. In the case of Şanlıurfa, Karaköprü District, where the urban transformation process was most intense, was able to stay away from this change process and Eyyübiye District, which still has the characteristics of traditional urban texture, was compared.

The city of Sanliurfa is designated as the traditional settlement area of Eyyubiye District and Karakopru District; According to different evaluation criteria (green texture, adaptation to natural environment, material, selection of residential area, social and architectural texture) were evaluated, ecological degradation and destruction of agricultural areas in Karaköprü District within the scope of recent developments and new structuring were put forward and these evaluations were compared in terms of urban landscape. It has been determined by observations that the unconstructed natural landscape areas of Karaköprü District face urbanization pressure.

As a result of this study, the importance of the new residential areas, the orientation towards the topography and the land, the design suitable for the climate of the region, the suitability of the building forms, plan fiction, the use of materials and technology to the region, the sensitivity to the green texture, and the importance of preserving the urban landscape were demonstrated.

Keywords: Urban change, Urban identity, Traditional landscapes

1. GİRİŞ

Dünya genelinde özellikle sanayileşme ile artan kentleşme, farklı gereksinimler, idealler, yaşam düzeyleri, yaşam seviyeleri ve yeni yaşam kaliteleri doğrultusunda gelişmiş ve yayılmışlardır. Kimlikleri her ne kadar geçmişe dayansa da sürekli değişmektedirler. Kent nüfusunun artması, kentlerin yayılması sonucunda yaşanan bu değişimler özellikle kırsal alanların da kentleşme baskısı ile karşı karşıya kalmasına neden olmuştur. Böylelikle kırsal alanlar kentsel yapı karakteri göstermeye ve geleneksel peyzaj özelliklerini yitirmeye başlamıştır.

Özellikle, kent merkezleri, kentsel sistemin sürekli olarak iç ve dış etkenlerce biçim ve içerik olarak değiştirilen dinamik bir parçasıdır. Yüksek oranda artan arazi kullanımı, artan kirlilik, yoğunluk, arazi fiyatları, yerleşim alanlarının iş alanlarına dönüşmesi, artan suç oranları ve değişen aile yapısı gibi sürecin getirisi olan baskılar özellikle yıllar önce gelişimini tamamlamış kent merkezlerinde daha yoğun olarak hissedilmektedir (Mictta ve diğ., 2001).

Kentler büyüdükçe kent merkezi ve çevresi arasındaki bağlantı zayıflar ve nüfusun çevreye yayılmasına paralel olarak kent merkezi de çevredeki banliyölere kaymaktadır. Bu desantralizasyon ve nüfus yapısındaki değişme kent merkezlerinin boşalmasına ve genellikle çöküntüye neden olur. Kent merkezlerinin değişim süreci değerlendirildiğinde;

- kentin büyüklüğü,

- ülkesi içindeki yeri ve konumu, ülkenin içinde bulunduğu gelişmişlik aşaması,
- kent içindeki konumu
- bütünle ilişkileri ve ölçeği,
- kent merkezinin karakteri ve özellikleri

değişimden etkilenme yoğunluğunu belirlemektedir (Schilding, 1981).

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

2.1.1. Araştırma Alanı Konum

Şanlıurfa şehri, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Orta Fırat Bölümü'nde yer almaktadır. İl kuzeydoğudan Diyarbakır, kuzeybatıdan Adıyaman, doğudan Mardin, batıdan Gaziantep illeri, güneyden de Suriye devlet sınırı ile çevrelenmiştir. İl güneyinde 789 km'lik Türkiye-Suriye sınırı uzanır. Yüzölçümü 18.584 kilometre kare olup genelde bir ova görünümündeki il merkezinin rakımı 518 m'dir.(Anonim, 2013) (Şekil 1).

Şekil 1. Şanlıurfa'nın Konumu (Url 1, Url 2)

2013 yılında kentin büyükşehir olması ile Eyyübiye, Haliliye ve Karaköprü olmak üzere üç merkez ilçeye ayrılmıştır. Çalışmanın ana materyalini Şanlıurfa geleneksel kent dokusu (koruma amaçlı imar plan sınırı) özellikleri taşıyan Eyyübiye İlçesi ve geleneksel kent dokusunun 5 kilometre kuzeyinde yer alan son yıllarda hızla konut bölgesi haline gelen Karaköprü İlçesi oluşturmaktadır.

2.1.2. Demografik Yapı

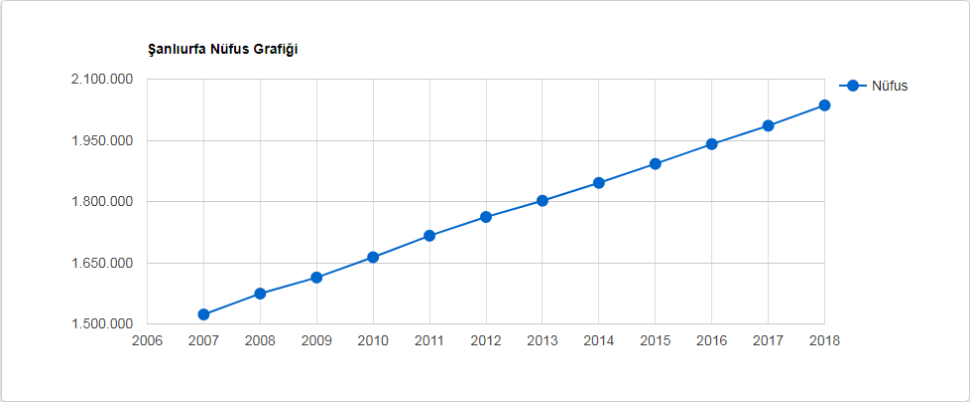
Cumhuriyet'in ilk yıllarında Şanlıurfa şehrinin nüfusunda Osmanlı dönemindeki nüfusa kıyasla çok önemli bir değişimin yaşanmamış olması şehir alanının da Cumhuriyetin ilk yıllarında yavaş gelişmesine neden olmuştur. Ayrıca Osmanlı Devleti'nin girdiği savaşlar ve Kurtuluş Savaşı'nda Urfa Savunması nedeniyle şehrin Cumhuriyetin ilanından önce Gaziantep şehrinde olduğu gibi önemli ölçüde nüfus kaybetmiş olabileceği de bir gerçektir. Şanlıurfa şehir nüfusu 19. yüzyılın başlarında 50 bin, 19. yüzyılın ortalarında 70 bin ve 19. yüzyılın sonlarında ise 55 bin civarındadır. (Şahinalp, 2005)

Şehrin nüfus artışı ve alansal gelişimi GAP'ın hayata geçirilmesi ve 1995 yılında Atatürk Barajı'nın su tutmasıyla daha da hız kazanmıştır. Yapılan bir çalışmaya göre, itici faktörler nedeniyle 1990'lı yıllara kadar Şanlıurfa'dan Türkiye'nin bazı bölgelerine önemli miktarda göç yaşanırken, 1995'te Atatürk Barajı'nda sulamanın başlaması ile ortaya çıkan yeni istihdam olanakları nedeniyle geriye göç başlamıştır. Bu durum şehrin giderek nüfuslanmasında önemli rol oynamıştır. Böylece şehrin nüfusu 10 yılda 100 binden daha fazla artarak (385.588 kişi) 400 bine yaklaşmıştır. Nüfus artışı ile beraber şehir alansal olarak da büyümüştür. 1990 yılında 9,5 km² civarında olan şehir alanı, 2000 yılında 2 katından fazla artarak 20,5 km² civarlarına yükselmiştir. GAP ile beraber Şanlıurfa şehrinde tarıma bağlı sanayinin gelişmesi nüfusu il merkezine çekmiştir. Artan nüfusun konut talebini karşılayamamış ve bu durum gecekondulaşmayı arttırmıştır. Gecekondulaşmayı önlemek ve daha yaşanır bir kent ortaya çıkarmak amacıyla yeni yerleşim alanlarında planlı yapılaşmaya gidilmiştir. Tüm bu gelişmelere bağlı olarak Şanlıurfa şehrinin alansal gelişimi daha da hız kazanmıştır. Şehrin 2010 yılındaki alanı ise 2000 yılından sonra yaklaşık 11 km² daha artarak 31,5 km² olarak belirlenmiştir (Akış ve Akkuş, 2003).

2000'li yıllardan sonra kentte refah seviyesinin yükselmesi yanında Türkiye genelinde ortaya çıkan düzenli kentleşme hareketleri, etkisini Şanlıurfa Kenti'nde de göstermeye başlamıştır. Bu suretle özellikle şehrin kuzeyinde, Şanlıurfa-Diyarbakır karayolu ve doğusunda Şanlıurfa-Mardin karayolu boyunca yeni mahalleler şehre eklenmiştir.

2018 yılına göre **Şanlıurfa nüfusu 2.035.809**'dir. Yüzölçümü 19.451 km^2 olup kilometrekareye **105** insan düşmektedir. Şanlıurfa nüfus yoğunluğu **105/km^2**'dir Yıllara göre artan bir nüfus grafiği gösteren Şanlıurfa İli'nin 2019 *nüfusu*, tahmini verilere göre **2.082.077 olması beklenmektedir** (Url 3) (Şekil 2).

Çalışma alanı olarak belirlenen ilçelerden biri olan Eyyübiye İlçesi 379.123 nüfus ile Şanlıurfa'nın en kalabalık ve kilometrekareye düşen kişi sayısı 233 olup nüfus yoğunluğu en fazla olan ilçesidir. Diğer ilçe olan Karaköprü İlçesi ise 195.552 nüfusa sahip olup nüfus yoğunluğu 160 kişi/km^2 olmaktadır (Url 4).



Şekil 2. Şanlıurfa nüfus grafiği (Url 3)

Şanlıurfa ekonomisi ağırlıklı olarak tarıma, enerjiye, turizm ve hayvancılığa dayanmaktadır. Atatürk Barajı'nda yürütülen balıkçılık da Şanlıurfa ekonomisine katkıda bulunmaya başlamıştır. Tekstil ve Gıda sektörünün toplam imalat sanayi içerisindeki payı % 71 dolayındadır. Diğer Sektörlerin imalat sanayi içerisindeki payı ise ancak % 29. İmalat sanayinin % 32.82 Gıda sanayi, % 38.06 Tekstil, % 7.96 Metal Eşya ve Makina Sanayi, % 0.78 Metal Sanayi, % 8.16 Seramik, Cam ve Taş ürünleri Sanayi, % 1.36 Kağıt Sanayi, % 10.29 Kimya Sanayi ve % 0,58 Ağaç, Mantar Sanayidir (Url 5).

2.1.3. Kültürel Yapı

Şanlıurfa Şehri'nin 11.000 yıl gibi uzun bir geçmişe sahip olması, şüphesiz kendine has bir kültürel yaşantının ve buna bağlı olarak da kültürel alanların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Sahip olduğu zengin tarih nedeniyle, şehir ve yakın çevresinde önemli sayılabilecek miktarda tarihi eser vardır. Bu nedenle şehrin en önemli

kültürel alanlarını tarihi eserler oluşturmaktadır (Şahinalp, 2005). Şehrin tarihi öneme sahip eserleri, eski dokunun hâkim olduğu tarihi Şanlıurfa surlarının çevrelemiş olduğu alan içinde yer almaktadır. Şanlıurfa'da tarihi nitelikli alanların önde geleni, sahip olduğu dini fonksiyon nedeniyle Halilürrahman ve Ayn Zeliha gölleri ile tarihi cami ve medreselerin bulunduğu, Dergâh olarak bilinen Balıklı Göl ve çevresidir. Ayrıca şehrin, üç din tarafından kutsal sayılmasıyla kazandığı dini fonksiyon da şehrin kültür fonksiyonunun kuvvetlenmesinde çok önemli rol oynamaktadır. Şanlıurfa şehrinde tarihi-turistik öneme sahip olan alanlardan biri de Eyüpnebi Mahallesi sınırları içinde olan ve şehrin üç mahallesine isim veren Hz. Eyyub Peygamber Makamı'dır. Şifalı suyu olduğuna inanılan bir kuyunun ve Hz. Eyyub'un çile çektiğine inanılan mağaranın bulunduğu bu alan, Süryaniler döneminde de kutsal olarak kabul edilmekteydi. Bu inanışın bir sonucu olarak da burada hastane inşa edilmişti (Özme, 2001).

Şanlıurfa il merkezinin Örencik köyü yakınlarında bulunan Göbeklitepe bir diğer tarihi ve turistik öneme sahip alandır. Tarihi 12.000 yıl öncesine dayanan alan dünyanın ilk tapınakları olarak bilinmektedir.

Tarihsel doku içinde en önemli kültürel alanlardan bir başkasını geleneksel Şanlıurfa evleri oluşturmaktadır. Günümüze kadar varlıklarını az çok tahribata uğrayarak da olsa koruyan Şanlıurfa evlerinin mimarisi ve bu evlerin bulunduğu alanın sokak sistemi dikkat çekici özelliktedir. Geleneksel evlerin ve sokakların şekillenmesinde, yapı malzemesi temini kolaylığı (kesme kalker taşlar), sosyolojik faktörler ve iklim önemli rol oynamaktadır. Şehrin bulunduğu alanın jeolojik özelliklerinin de etkisiyle, bu evlerde kullanılan ana yapı malzemesi, halk arasında "nahit" olarak bilinen kesme kalker taşlarıdır. Çeşitli sosyolojik nedenlerden (gelenek-görenek, mahremiyet vb.) dolayı bu evler yüksek duvarlarla çevrili bir avlu içinde yer almaktadır. Yine aynı sosyolojik nedenler bu evlerin haremlik ve selamlık kısımlarından oluşmasına yol açmıştır. Geleneksel olarak iki kuşağın aileleriyle bir arada yaşamaları nedeniyle avluda çok sayıda oda bulunmaktadır (Özme, 2001).

Son yıllarda bu evlerin bazıları gerek devlet gerekse özel sektör tarafından satın alınarak restore edilmekte ve turistik amaçla kullanılmaktadır. Geleneksel Şanlıurfa evlerinin bulunduğu alanın dar, eğri-büğrü ve dolambaçlı sokakları, yurt dışından gelen turistler açısından çekici özellikler taşımaktadır. Yine sosyolojik kaygılarla ve ikilimin de etkisiyle evlerin yüksek avlu duvarları sokakların şekillenmesinde önemli rol oynamıştır. Eski dönemlerde belediyecilik anlayışının olmaması da sokakların eğri büğrü olmasına yol açmıştır. Sokakların dar oluşu, zamanın ihtiyaçlarının günümüzde olduğu gibi geniş sokaklar gerektirmemesinden ve sıcaktan korunmak amacıyla sokakların yüksek duvarlar kullanılarak gölgelenmek istenmesinden kaynaklanmaktadır. Adeta bir labirenti andıran ve çevreyi bilmeyenlerin kolaylıkla

kaybolacağı özellikteki sokaklara, evlerin ancak bir veya iki penceresi açılmakta ve diğer pencereler de avluya açılmaktadır. Yine bu sokaklarda "kab" olarak bilinen üstünde çoğunlukla bir odanın bulunduğu kemerli geçitler de ilgi çekici özelliklerdendir. (Segal, 2002).

Günümüz Şanlıurfa'sında, birer tane olmak üzere müze, sanat galerisi, sosyal merkez, iki tane kültür merkezi ve 3 kütüphane, çeşitli kurumların bünyesinde bulunan 3 konferans salonu bulunmaktadır. Yapılan arkeolojik çalışmalar sonucunda, çok uzun bir geçmişe sahip olması nedeniyle Şanlıurfa yöresinde birçok tarihi eser bulunmuştur. Bu eserler, şehrin Şehitlik mahallesi bulunan Şehit Nusret Caddesi üzerindeki Şanlıurfa Müzesi'nde sergilenmektedir (Segal, 2002).

Şanlıurfa şehrinin önemli turistik potansiyelinin ortaya çıkmasında rol oynayan kültürel değerler arasında şehir halkının gelenek ve görenekleri ve yemek kültürü de önemli bir yer tutmaktadır. Şehrin turistik belgeli otellerinin yetkililerinden alınan bilgilere göre, şehri ziyaret eden yerli ve yabancı turistlerin geliş sebepleri arasında yerel halkın yaşayış biçimlerinin görülmesi de yer almaktadır. Yerel halk arasında yaşatılan sıra geceleri, müzik ve yemek kültürü önemli çekicilikler arasında yer almaktadır. Özellikle restore edilerek turizme açılan geleneksel Şanlıurfa evlerinde düzenlenen aktivitelere, çok sayıda yerli ve yabancı turist katılmaktadır. Bu bakımdan yerel halkın yaşayış biçimleri de şehrin kültürel fonksiyonunu önemli oranda güçlendirmektedir.(Şahinalp, 2005)

2.2. Yöntem

Araştırmada geleneksel yerleşim dokusuna sahip Eyyübiye İlçesi ile modern yerleşme özellikleri taşıyan Karaköprü İlçesi karşılaştırılarak Şanlıurfa'nın kentsel gelişiminin kent peyzajına etkisi incelenmiştir.

Araştırmanın yazılı kısmını; çeşitli yayınlardan oluşan literatür taraması oluştururken, tarihçe, tarihi fotoğraflar, harita ve sayısal bilgiler için Büyükşehir Belediyesi ve Valilikten bilgi alınmıştır. Araştırmanın görsel olarak desteklenmesi amacıyla alanın tarihi fotoğrafları elde edilmiş, güncel fotoğraflar çekilerek değişimlerin görsel olarak anlatılması amacıyla çeşitli karşılaştırmalar yapılmıştır. Güncel fotoğraf çekimlerinde, alana ait elde edilen tarihi fotoğrafların konumları, çevrenin algılanmasına ve değişimlerin algılanmasına olanak veren yerler çekim noktaları olarak belirlenmiştir.

Geleneksel yerleşimlerin bulunduğu Eyyübiye İlçesi ve modern kentleşme özelliği gösteren Karaköprü İlçesi olmak üzere iki farklı ilçe değerlendirilip karşılaştırılarak kentleşmenin geleneksel şehir kimliğine etkileri incelenmiştir. Bu değerlendirmeler doğrultusunda bazı kriterler belirlenerek ilçelerin özellikleri karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR

GAP Projesi ile kentsel gelişim sürecinin başladığı Şanlıurfa Kenti'nde değişim süreci 12.11.2012 tarihli 6360 sayılı "On Dört İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Yedi İlçe Kurulması İle Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun" ile büyükşehir ilan edilmesi ile devam etmiştir. Bu kanunla kentteki idari yapı tümüyle değişmiştir.

Kentteki il özel idaresi ve 30 bucak kaldırılmış, 15 belde belediyesinin ve 1.153 adet köyün tüzel kişiliğine son verilmiştir. Kentte büyükşehir belediyesi ve üçü yeni kurulan merkez (Karaköprü, Haliliye, Eyyübiye) ilçeler olmak üzere on üç ilçe belediyesinden oluşan ikili bir idari yapı oluşturulmuştur. 6360 sayılı Kanunla büyükşehir belediyelerinin hizmet sınırı ilin mülki idare sınırı olarak değiştirilmiştir (Url 6).

Araştırmada 2012 yılında merkez ilçe olarak belirlenen Eyyübiye İlçesi ile Karaköprü İlçeleri arasında değerlendirmeler yapılmıştır.

3.1. Eyyübiye İlçesi Geleneksel Yapı

Birçok medeniyete ev sahipliği yapan tarihi, turistik birçok tescilli kültürel yapıyı bünyesinde barındıran Eyyübiye İlçesi Şanlıurfa İli'nde geleneksel yapısını koruyabilen en önemli ilçedir (Şekil 3). Geleneksel sokak dokusunda dar ve yüksek duvarlı sokaklar görülmektedir. Sokakta yer alan elemanlar; sokağa taşan çıkmalar, çıkmaz sokaklar, meydanlar ve bazalt taş (karataş) döşemeli yollardır (Şekil 4). Sokakların dar tutulmasında sıcak iklim etkili olmuştur. Sıcaklığa engel olan dar sokaklar sıcağın yaşandığı yörede gün boyu serin kalabilmektedir. Bu özelliğinden dolayı yaz aylarında serin bir ortam meydana getirmektedir. Böylece klima, buzdolabı vb teknolojilerin daha az kullanılmasını; yani enerjinin etkin kullanılmasını sağlamaktadır.

Şekil 3. Eyyübiye İlçesi Geleneksel Yapı (Url 7)

Şanlıurfa geleneksel yerleşiminde konutların biçimlenmesinde iklim, gelenekler, inançlar ve geniş aile yapısı çok etkili olmuştur. Şanlıurfa ve çevresinde yaz aylarının çok sıcak geçmesi, yaz aylarının ilkbahar sonları ile sonbahar aylarının ortasına kadar sürmesi (Mayıs-Ekim) evlerin avlulu, yazlık ve kışlık eyvanlardan oluşan etrafının kalın taş duvarlarla çevrili olarak inşa edilmesinde etkin rol oynamıştır (Yurt, 1999). Evlerin duvarlarının yüksek ve kalın olması yaz aylarında aşırı sıcaklıklardan korunma amaçlı olup, kuzey-batı istikametli hakim rüzgar konutlarda ve avlularda hava sirkülasyonuna imkan sağlamaktadır. Bu doğal hava sirkülasyonunun oluşturulması, yapısal anlamda mevsimlere uyumlu inşa edilmesi, yöresine uygun malzeme kullanımı gibi özellikler yapıların ekolojik değerini ve yerleşim yerinin kentsel peyzaj karakterini yansıtmaktadır (Şekil 5).

Şekil 4. Eyyübiye İlçesi Geleneksel Sokak Dokusu ve Konut Özellikleri

Geleneksel konut alanları; iklimle dengeli olacak biçimde tasarlanmışlardır. Avlularda süs havuzu ve bitkiler yer almakta olup insanın nefes almasını sağlamaktadır. Avlularında; *Platanus orientalis* L. (Doğu çınarı), *Thuja orientalis* L. (Mazı), *Juniperus communis* L. (Adi ardıç), *Olea europea* L. (Zeytin), *Punica granatum* L. (Nar), *Citrus aurantium* L.(Turunç), *Juglans regia* L. (Ceviz), *Vitis vinifera* L. (Asma), *Nerium oleander* L. (Zakkum), *Campsis radicans* L. (Acem borusu), *Rosa* sp. L. (Gül), *Buxus sempervirens* L. (Şimşir) ve saksılarda bitki yetiştirmesine önem verilmiştir (Öztürk ve Erdoğan, 2014).

3.2. Karaköprü İlçesi Fiziksel Yapı

Şanlıurfa kentinde kuzeydoğuya doğru gelişen yeni yerleşim alanı olan Karaköprü İlçesi, 1992 yılına kadar meyve bahçelerinin (nar, antepfıstığı) olduğu tarım alanı iken, şimdilerde çok katlı yerleşim yerine dönüşmüştür (Şekil 5). Karaköprü İlçesi'nde inşa edilen her yeni yapı ile ilçenin mevcut peyzajı biraz daha bozulmuş ve binaların çevresinde tanımsız küçük ölçekli alanlar kalmıştır. Böylelikle İlçenin

peyzajı kimlikli meyve bahçelerinden kimliksiz yeni yerleşim alanlarına dönüşmüştür (Şekil 6).

Şekil 5. Karaköprü İlçesi 1996 ve 2013 yıllarındaki Karaköprü fotoğrafları (Abdurezzak Elçi arşivi)

Şekil 6. Karaköprü İlçesi Güncel Durum (Url 8)

Karaköprü İlçesi'nde dere yatakları bulunmakta ve bu dere yataklarının etrafında yoğun bir yapılaşma görülmektedir. Ayrıca dere kenarlarında yapılan peyzaj düzenlemeleri kentin ekolojik koşulları ve geleneksel yapısı dikkate alınmamıştır.

4. SONUÇ

Bir kent, aynı zamanda modern gelişmeyle tarihi mirasın korunması arasında dengeyi kurmalı, eskiyi tahrip etmeden yeniyle bütünleştirmeli ve sürdürülebilir kalkınma ilkelerini sağlayabilmelidir. Kent dokuları, yapılar, ağaçlar, kiliseler, kütüphaneler, insanların kentlerdeki yaşamışlıklarının ve kişisel tarihlerinin izleridir. Bunlar, geçmişin mirası olup, insanların yaşamda kalıcılık duygusuyla geleceğe hazırlanmalarını sağlamaktadır. Geçmişteki kuruluşlarından günümüze kadar gelişerek yaşamakta olan tüm kentler, bu gelişmelerinin bir sonucu olarak bir eski doku (tarihi kent) bir de gelişen doku (yeni kent) olarak ikili bir yapıya sahiptirler. Bu ikili yapı, eski ve yeni kent peyzajının farklılığını ortaya koymaktadır. Şanlıurfa da bu yapıya sahip bir şehirdir. Hem tarihi kent dokusu özelliğini hala taşıyan bir tarafı hem de hızla gelişme ve büyüme gösteren bir kent dokusu bulunmaktadır.

Geleneksel kent dokusunun bulunduğu Eyyübiye İlçesi'nde geleneksel yerleşimler ve hala varlığını koruyan kültürel değerler bulunmaktadır. Geleneksel yerleşimlerde konutlar, avlulu, sıcak iklime uygun gölgeli dar sokaklar ve malzeme olarak da doğal malzeme olarak Urfa taşı kullanılmıştır. Karaköprü İlçesi'nde ise aşırı yapılaşma ve sonucunda kırsal peyzajın, tarımsal alanların ve kimliğin yavaş yavaş azalarak yok olması durumu sözkonusudur. Geleneksel yapı kültüründe var olan ekolojik yapılar yeni yerleşim dokusunda bulunmamaktadır. Konut avlularında havuz, selsebil gibi su ögelerinin, bitkisel elemanların, yapı hacimlerinin bahçenin belirli kesimleriyle görsel, fiziksel ilişkide düzenlenmesi ve cumbalarla dış mekâna uzanması mümkün olabilmekteydi.

Kent peyzajı değerlendirildiğinde geleneksel yerleşmenin görüldüğü Eyyübiye İlçesi'nin kendine ait bir kent kimliği olduğunu görülmektedir. Fakat aktif yeşil alan olarak kullanılabilecek yeşil alan ihtiyacını karşılayabilecek alanlar bulunmamaktadır. Konutların kendine ait açık alanlarının bulunması eski yaşamların mahremiyet anlayışını yansıtmaktadır. Bu anlayış günümüzdeki modern sosyalleşme ve etkileşim alanları anlayışına uymamaktadır. Fakat modern yerleşim gösteren Karaköprü İlçesi'ndeki kamusal yeşil alanlar toplu kullanımlara akrif yeşil alanlara sahiptir. Ancak bu alanlarda özellikle bitkisel tasarımda sorunlar bulunmaktadır.

Buna göre geleneksel yerleşme örneği olan Eyyübiye İlçesi ve modern yapılaşma özelliği gösteren Karaköprü İlçesi belirlenen kriterler doğrultusunda (yeşil doku, doğal çevreye uyum, malzeme, yerleşim alanı seçimi, sosyal ve mimari doku) karşılaştırılmıştır (Tablo 1).

Tablo1. Şanlıurfa'daki Geleneksel Yerleşim Alanlarıyla Modern Yerleşim Alanlarının Karşılaştırılması

	Eyyübiye İlçesi	Karaköprü İlçesi
Yerleşim biçimi	Geleneksel Yerleşim	Modern Yerleşim
Yeşil doku	Geleneksel yerleşim olgusunda avlulu, çatı bahçeli, süs havuzu ve bitkilerin yer aldığı açık alanlara sahip konutlar görülmektedir. Konutların arasına homojen dağılmış irili ufaklı yeşil alanlar mevcuttur.	Modern yerleşim olgusunda kendine ait yeşil alanı bulunmayan sıradan apartman sistemleri ve mahalle parkları görülmektedir. Kentin genelinde yeşil alan-konut dengesi bulunmamaktadır.
Doğal çevreye uyum	Geleneksel konutların avlularında yöreye ait bitkiler yetiştirilmektedir. Konut alanları iklimle dengeli yapılmıştır.	Yörede bulunan meyve bahçelerin bulunduğu bölgeler imara açılarak doğal çevreye önlenemez bir kentleşme baskısı söz konusudur.
Malzeme kullanımı	Yapım malzemesi olarak yöreye ait Urfa taşı kullanılmıştır. Bu malzeme yazın sıcağı kışın soğuğu engellediğinden enerji tüketimini azaltmaktadır.	Modern yerleşim yapılarında günümüzde neredeyse tamamen betonarme malzeme görülmektedir.
Yerleşim alanı seçimi	Geleneksel yerleşim tarihte ilk yerleşimlerin olduğu bölgelerde görülmektedir. Burada çeşitli tarihi yapılar ve kale mevcuttur.	Modern yerleşimler GAP Havalimanı ile kent merkezi arasına konumlanmış durumdadır.
Sosyal ve mimari doku	Geleneksel yerleşmede konutların avluları yer yer sokaklara uzanmakta ve konutlarla sokak arasında bağlantılar oluşmaktadır. Sokaklar dar kıvrımlı ve dolambaçlıdır. Konutlar ve sokak yapısı birbirine entegre durumdadır.	Modern yerleşim bölgesinde geniş araç yolları, asfalt malzeme, kaldırımlar görülmektedir. Konutlar arası bağlantılar olmamakla birlikte konutların otopark dışında kendine ait açık alanları bulunmamaktadır.

Bu kriterler iki yerleşmenin kent karakteri ve kentleşme sürecinin etkilerini göstermektedir. Mevcuttaki kırsal peyzajın zamanla kent baskısı altında kalması ve yok olması, yapılaşmadan doğan yeşil alan ihtiyacının yanlış bitkilendirmelerle giderilmeye çalışılması kent peyzajının gelişim sürecinden olumsuz etkilendiğinin göstergesidir. Bu olumsuzluk bir planlama politikasının olmadığından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak; Şanlıurfa geleneksel yerleşim özelliği taşıyan Eyyübiye İlçesindeki konutların genel olarak ekolojik yapılaşma özellikleri taşıdığı, gerek fiziksel gerek işlevsel olarak içinde bulunduğu doğal çevre ile entegre olduğu belirlenmiştir. Fakat modern yerleşme örneği olarak gösterilen Karaköprü İlçesindeki yerleşmelerdeki konut tiplerinin betonarme vb malzemelerle doğal çevreye uyum sağlamadığı görülmektedir. Mevcuttaki geleneksel yerleşmenin insanların ihtiyaçlarına karşılık verdiği fakat sosyal hayatı destekleyen kamusal açık ve yeşil alanlara sahip olmadığı gözlemlenmiştir. Bu bölgenin sahip olduğu kent peyzajı değişime uğramayıp doğal yapısını korumaktadır. Modern yerleşim bölgesinde ise kent parkları, mesire alanları ve çocuk parkları sosyal hayatı destekleyen fonksiyon alanlarıdır. Fakat bu fonksiyon alanlarındaki bitkilendirmeleri doğal çevreye uyum sağlamayan yanlış uygulamalar oluşturmaktadır.

Karaköprü İlçesi bünyesinde barındırdığı doğal kaynakların kentleşme baskısı nedeni ile ekolojik yıpranma ile karşı karşıya kaldığı görülmüştür. Bu ilçenin sahip olduğu kent peyzajı oldukça değişim görmüş, kentleşmeyle birlikte insan elinin şekillendirdiği bir yapıya bürünmüştür. İlçede daha önceden var olan tarım alanları ve meyve bahçelerinin yerini çocuk oyun alanları ve parklar almıştır. Bu alanların daha fazla kent baskısı altında kalmaması için Karaköprü ilçesinin henüz imara açılmayan kısımlarında yapılacak imar planlarının ekolojik planlama ve tasarım ilkelerine dayandırılması gerekmektedir.

Eyyübiye İlçesinde görülen geleneksel kent dokusu ve Karaköprü İlçesi yerleşim biçimlerinin çeşitli kriterlerde incelenmesi sonucunda bazı öneriler belirlenmiştir.

Bunlar;

- Ekolojik yerleşim kriterlerine göre kentsel çevrenin sahip olduğu doğal kaynaklarla bir bütün olarak düşünüldüğü ve kentin kimliğini oluşturan kent peyzajına bağlı kalarak imar planlarının yapılması,
- İmar planları yapılırken tarımın yapılabileceği alanların korunup, tarım yapılamayan alanların imara açılması gerekmektedir.

- Ekolojik öneme sahip alanlar içerisinde yer alan kırsal yerleşimlerin gelişme kararlarında; özgün doğal yapının korunması için gerekli önlemlerin alınması esastır. Karaköprü İlçesinin henüz yapılaşmamış kısmında bulunan *Punica granatum* L. (Nar) ve *Pistacia vera* L. (Antep fıstığı) türlerinin bulunduğu organik bahçelerin korunması gerekmektedir.
- Balıklıgöl'den başlayarak hanların içinden geçen, buranın hem drenajını sağlayan, hem de geçtiği alanlarda mikroklima yaratan bir küçük kanal/su sistemi bulunmaktadır. Bu su sistemi örnek alınarak Karaköprü İlçesi'ndeki dere yatakları da canlandırılıp kente kazandırılmalıdır.
- Karaköprü İlçesindeki yerleşme ile geleneksel kent dokusu arasında tampon yeşil alanlar oluşturularak yeşil alan devamlılığı sağlanmalıdır.
- Kent merkezinde bazı bölgelerin aydınlatılmasında alternatif olarak güneş enerjisi kullanılmaktadır. Bunun kentin tümünde yaygınlaştırılması gerekmektedir.
- Yeşil alanlarda yöreye uygun doğal bitki türlerinin kullanılmalıdır. Bu uygulama hem bakım maliyetini azaltacak hem de sudan tasarrufu sağlayacaktır.
- Park ve bahçe tasarımlarında yoğun çim kullanımı yerine doğal bitkilendirme tercih edilmesi etkin su kullanımını sağlayacaktır.
- Kentsel planlama yapılırken, "peyzajın iyileştirilmesi ve korunmasına ait temel ilkelere" uyulması gerek ve şarttır.
- Eski ve yeni yerleşme arasında bütüncül bir kurgu oluşturularak kentlilik, tarih ve kültür bilinci arttırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Akış, A. ve Akkuş, A. 2003. Güneydoğu Anadolu Projesi'nin (GAP) Şanlıurfa'daki Göçe Etkisi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi(10)

Anonim, 2013. http://www.sanliurfaozelidare.gov.tr/defaul (Erişim tarihi:08.11.2019).

Michtta, P. and S. Schruıjer, 2001. The Modern City as a Community, Journal of Community&Applied Social Psychology, Volume II, 401-406.

Özme, A. 2000. Urfa (Merkez) Hanları, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Basılmamış Doktora Tezi), Ankara.

Öztürk H. Ve Erdoğan E., 2014. KSÜ Doğa Bil. Derg. Araştırma makalesi, 17(1), 2014.

Schilding, K., 1981. Decentralization and Decline of the Central City, A Case of Demografic and Economic Change in Bridgeport. Conn, American Journal of Economy Sociology INC., 40 (4).

Segal, J. B. 2002. Edessa (Urfa)-Kutsal Şehir, (Çeviren: A. Arslan), İletişim Yay., İstanbul.

Şahinalp, M.S., 2005. Şanlıurfa Şehri'nin Kültürel Fonksiyonu. Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 11, Ocak- 2005, İstanbul.

Yurt, R., 1999. Geleneksel Şanlıurfa Ev Mimarisine İklim Özelliklerinin Tesiri. Harran Dergisi, 55: 3-6.

Url1. https://www.wikizeroo.org/index.php?q =aHR0c HM6Ly90ci53aWtpcGVka WEub3JnL3dpa2 kvRG 9zeWE6T GF0cm Fucy1UdXJrZX lfbG9jYXRpb25Fjum 1JTlFYWsJUM0JUIxdXJmYS5zdmcjZmlsZQ

Url2.https://www.kizeroo.org / index.php?q =aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVka WEub3 JnL3dpa2kvxZ5hbmz EsXVyZmEnbsSxbl9pbMOnZWxlcmk

Url 3.https://www.nufusu.com/il/sanliurfa-nufusu

Url4.https://www.wikizeroo.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGV-kaWEub3JnL3dpa2kvxZ5hbmzEsXVyZmEjQ3VtaH-VyaXlldF9kw7ZuZW1p

Url 5. https://www.sanliurfa.bel.tr/icerik/14/2/ekonomik-yapi

Url 6. https://kalkinma.gov.tr., 15.01.2013 Erişim tarihi: 30.05.2018

Url 7. https://www.haberler.com/eyyubiye-belediyesi-tarihsel-degisimi-kayit-7994911-haberi/

Url 8. http://www.urfahaberler.com/urfa-haberleri/karakopru-de-elektrik-kesintileri-bitiyor-mu-h28149.html

MİMARLIK EĞİTİMİNDE ‘’KÜLTÜR MEKÂNI TEMALI - KENTSEL ÖRÜNTÜ’’ ÜRETİMİ ÜZERİNE BİR DENEME

Doç. Dr. Timur KAPROL
Kırklareli Üniversitesi

ÖZET: Tarihsel gelişim içinde kent, kendi morfolojisine sahip olmaktadır. Bu morfoloji kent dinamikleri ile oluşan kentsel örüntünün ürünüdür. Bu örüntü içinde kent nitelikli mekânlar yanı sıra zafiyet gösteren oluşumlarda yer alabilmektedir. Mimarlık ve tasarım disiplinleri (Şehir ve Bölge Planlama, Peyzaj Mimarlığı, İç Mimarlık ve Endüstri Ürünleri Tasarımı) çevre ile bağlantılı tasarımlar üretmektedirler. Tasarımcı adayının, kentsel sorunları görebilme, anlayabilme yetisini kazanması gerekmektedir. Kentsel sorunun belirlenip, çözümünün üretilip, kentsel yaşama katılması araştırmalarına tasarım atölyeleri ortam sunmaktadır.

2018-2019 Bahar yarıyılı mimari proje 5 ve 6 atölyesinde, Namık Kemal Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde, Tekirdağ Merkez Kent Dokusu içerisinde-Çağdaş gelişimler paralelinde mekânsal kurgular çözümlenmiştir. Sanatın mekanı tanımlamasında; metafor-difüzyon-kümeleşme-bağlam-uyum-zıtlık-şefaflık-geçirgenlik kavramaları kullanılarak, kent merkezinin sanat ve kültürle iç içe yaşaması hedef alınmıştır.

Kentin yapı yoğunluğu içerisinde Su, yeşil doku kullanılarak yapı adası içeriğinde kentsel doluluk ve boşlukların nefes alma mekânları olarak projelendirilmesi, hedef alınmıştır. Yoğunlaşan kent dokularında Sanat ile Kültürel mekân kurgularının yer alabileceği, yaratılan boşluk veya doluluklu alanlarda kentlinin nefes alması ve kentle ilişki kurmasına imkân verilmesi, ayrıca bu oluşumlarda çağdaş gelişimlerin kentli tarafından deneyimlenmesini içeren ve kente katkı koyan bir mimari tasarım anlayışında projeler üretilmiştir.

Çalışmada kent yaşamını, sanat ve kültürle özdeşleşen, bir konuma getirmek hedeflenmiştir. Bu yönde geliştirilen mimari projelerde; Sokak Kütüphanesi, Resim Sanatı-Fotoğrafçılık-Ahşap Oymacılığı-El Sanatlarını, Koro Çalışmalarını, içeren Kültür-Sanat Merkezleri, Sinema, Tiyatro, Dans, Bale-Folklor, Pandomim sanatı ve Dijital Sergileri içeren Dijital Gösteri Merkezleri, Kente katkı koyan kentlinin toplanma mekânı yanı sıra etkinliklere ev sahipliği yapacak açık ve kapalı mekânları olan Sanat kapsamlı etkinliklere ev sahipliğine imkân sunan mekân tasarımları, kentliyi ve kent dışından gelenleri karşılayan sanatla etkileşim kurmalarına imkân sunan, kültürel yaşam alanı sağlayan

ortak yaşam alanları, Suyun yer aldığı yaşam mekanlarını ele alan ve dev akvaryumları kente katan yaşam alanları, Dikey orman kurgusu içinde kültürel faaliyet alanlarını hizmete sunan projeler, kimi kentsel niş içinde kentlinin kullanımına veya etkinlik binasının çatısının açık amfi şeklinde kullanımı tasarlanması, semt korusu niteliğinde tasarım alanın negatif mekân kodlamasında, yeraltında büyük hacim gerektiren sanatsal fonksiyona yer verilmesi, kentsel mekân içinde üçüncü boyutta suyu kapsayan tasarımlarda görsel kodlamaya farklılık getirilmiştir. Tüm bu mekânsal kurgu arayışlarında kentliye nefes aldıracak mekân arayışları projelendirmede kullanılmıştır. Söze konu olan dönem çalışması, tasarımın kente katkı koyma yaklaşımını bir tasarım ilkesi haline getirmek için yöntem sunmuştur. Bu çalışma da kentin değerlerinin geçmişten geleceğe aktarımında köprü olacak araştırma ve sonuçları bildiri metninde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kentsel doku, Kültürün mekânı, Kentsel örüntü

A Study on Production of Cultural Space The Med - Urban Pattern in Architectural Education

ABSTRACT: In historical development, the city has its own morphology. This morphology is the product of the urban pattern formed by the dynamics of the city. Within this pattern, the city can also take part in formations showing weaknesses as well as qualified spaces. The disciplines of architecture and design (City and Regional Planning, Landscape Architecture, Interior Architecture and Industrial Design) produce designs in connection with the environment. The candidate of the designer should be able to see and understand the urban problems. Design workshops provide an environment for identifying the problem, producing the solution of the urban problem and adding it to the urban life.

2018-2019 Spring semester architectural project 5 and 6 workshops, Namık Kemal University, Faculty of Fine Arts Design and Architecture, Department of Architecture, Tekirdag Central Urban Texture-parallel to contemporary developments spatial fictions were analyzed. Art definition of space; Using metaphor-diffusion-clustering-context-harmony-contrast-transparency-permeability concepts, the city center is aimed to live intertwined with art and culture.

Within the building density of the city, it is aimed to design urban occupancy and spaces as breathing spaces in the building island content by using Water and Green texture. Projects have been produced in an architectural design approach that includes art and cultural space fictions in the intensified city tissues, allowing the inhabitants to breathe and establish relations with the city in the spaces created or filled with space, and also contributing to the city by experiencing contemporary developments in these formations.

In this study, it is aimed to bring urban life to a position that is identified with art and culture. In architectural projects developed in this direction; Street Library, Art-Photography-Wood Carving-Crafts, Choral Works, Culture-Art

Centers, Cinema, Theater, Dance, Ballet-Folklore, Digital Show Centers including Pantomime and Digital Exhibitions, Art spaces with indoor and outdoor spaces to host various events, space designs that allow the hosting of comprehensive events, common living spaces that enable the urban and the people coming from outside to interact with the art, providing cultural living space, living spaces that incorporate aquatic life into the city , Projects that offer cultural activity areas within the vertical forest structure are designed for the use of the citizens in some urban niches or the use of the roof of the activity building in the form of open amphitheater. The use of artistic function in the subterranean area and the visual coding in designs involving water in the third dimension within the urban space have been brought about. In all these spatial fiction quests, the search for a space to give the inhabitants breath was used in project design. The term study, which is the subject of the study, provides a method for making design's contribution to the city a design principle. In this study, research and results which will be the bridge of transferring the values of the city from past to future will be presented in the text of the declaration.

Keywords: Urban texture, Space of culture, Urban pattern

1.TEKİRDAĞ İLİ MERKEZ İLÇE KENTSEL DOKUSU:

Tekirdağ Antik Dönemden günümüze insan yerleşimlerine mekân olmuştur. Arkeoloji Bilim Dalı’nın Taş Devri’nden, geç Roma Dönemi’nin sonu ile Bizans Devri’nin başına kadar olan zaman diliminin tarihi ile ilgilenmesi yanı sıra, Osmanlı Devri kültür katmanları da, çalışma kapsamına girmektedir (Atik, 2015). Yeni yaşam alanlarının kent merkezi gerekse kent hinterlandı, kentin tarih çevresini tanımada veriler sunabilmektedir. Bizans döneminde Rodosçuk olarak adlandırılan Tekirdağ, çarşılar, kale ve liman bölgesinden oluşmaktaydı. Osmanlı’nın fethetmesiyle, şehirde büyüme ve gelişme görülmüştür. Bizans çarşıları Osmanlı döneminde han, kervansaray, mahzen ve dükkân gibi yapıların ilave edilmesiyle zaman içinde gelişerek klasik Osmanlı Çarşısına dönüşmüştür. XV.-XVI.yy’lar da gerek çarşı sayısı gerekse çarşılardaki bedesten,kervansaray, han ve dükkan gibi yapıların sayıları giderek artmıştır. Çarşı ve pazarlar sağladıkları iş imkanı ve halka sundukları hizmet dolayısıyla bulundukları bölgede bir çekim gücü oluşturarak yeni yerleşim alanlarının kurulmasına yol açmıştır. XVI. yy’dan itibaren Rodosçuk’ta da çarşı ve iskele civarında olmak üzere iki çarşı arasında yeni mahallelerin kurulduğu tespit edilmiştir. Bu mahalleler iki parçalı olan çarşı yapısında bütünleşerek, şehrin bu bölümünü tanımlamıştır. Şehir Osmanlı öncesi ve sonrasında çarşı, kale, iskele gibi ana unsurların tarihi süreç içerisinde aşağı yukarı aynı yerlerde fonksiyonlarını devam ettirdiği net bir şekilde izlenir (Ateş, 2015). Tarihsel süreç içindeki oluşumun belgesi niteliğindeki kent merkezi, Gayri Menkul Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu

tarafından 11.06.1976 tarih ve 9158 sayılı karar ile ‘’Kentsel Sit’’ ilan edilmiştir. Tekirdağ Kentsel Sit Alanı, Ertuğrul Mahallesinde yaklaşık 23,8 ha, Turgut Mahallesinde yaklaşık 5,5 ha olmak üzere yaklaşık 29 ha bir alan üzerinde bulunur (Kiper, 2015).

Şekil 1. Tekirdağ kent merkezi, sit alanı sınırları içinde kalan tasarım alanları (Uysal, 2019).

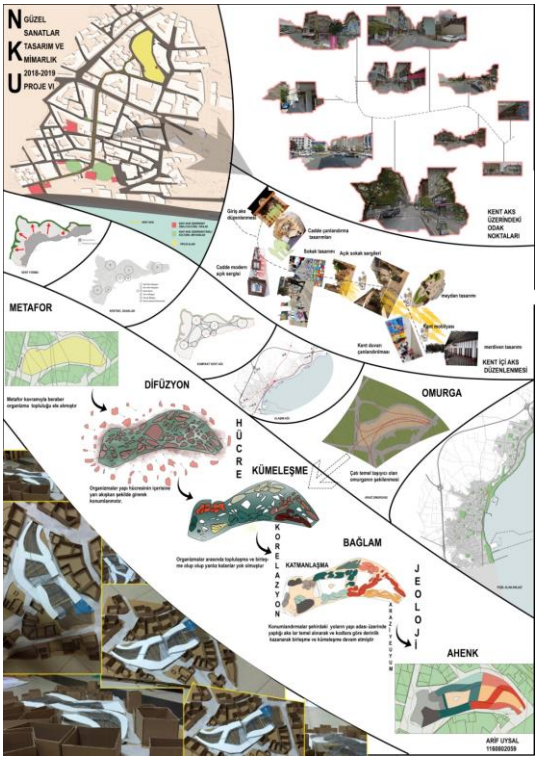
Ertuğrul Mahallesi içerdiği tarihi kentsel doku değeri ile tasarımcıya mekânsal kurgulamada zengin bir alt yapı sunacağından, çalışmada tasarım alanları Ertuğrul Mahallesi ve yakında seçilmiştir. Tekirdağ kentin önemli arterlerinden Hükümet Caddesi ve Muratlı Caddesinin, konut ve ticaret yerleşimini içeren kentsel doku, bölgedeki dinamizmi biçimsel yansımasıdır. Bu caddeler ile ilişkili olan ‘Mimari Proje Alanları’ ile sahil arasında kurulan aks ve bu akslar üzerindeki odak noktaları belirlenip önerilerde bulunulmuştur.

Tekirdağ merkezin de bulunan İbrahim Efendi Sokak ile Muratlı Caddesi arasında kalan şuan katlı otopark olarak kullanılan 6.000 m2 arazi üzerine KÜLTÜR konu başlığı altında proje tasarlanmıştır.

Tasarımda kavramsal olarak metafor işlenmiş ve metafor örneği olarak sarmaşık seçilmiştir. Mekânsal kurgunun kavramsal öğesi hücre ve difüzyon seçilmiştir. Hücre kurgusu tasarım alanına, difüzyonla giren hücreler ve bu hücrelerin bir aks doğrultusunda kümeleşerek gruplanması ile arazi eğimi dikkate alınarak, söze konu olan ulaşım ekseni doğrultusunda hücreler x, y ve z koordinatlarında kümelenmiştir.

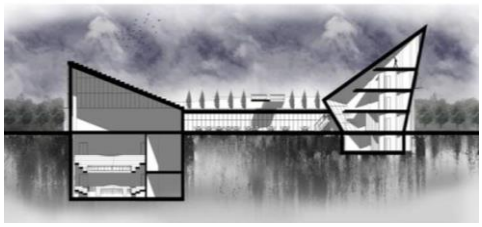
Tasarımda seçilen akslar proje arazisi ile yollar arasında oluşan eğrilerden seçilmiştir ve bunlardan en temel olanı projenin girişleri vede taşıyıcı sistemi oluşturan omurga, metafor bağlamında ele alınmıştır.

Tasarımda temel alınan kavramlardan olan ahenk (uyum), tasarımda oluşturulan eğriler ve aksların kurgusunda etken olmuştur. Tasarımda yer yer yeşil alan yırtıkları ve birinci katta bulunan avlulu sergi ile hem içte hem de dışta yeşil mekânlar oluşturulmuştur. Proje kesit aksı üzerinde temel olan konferans, oditoryum, sinema salonu, restoran, açık sergi - heykel, fotoğraf ve resim sergilerine hizmet edecek galeriler düzenlemiştir. Tasarımda oluşturulan zemin ve çatı yırtıklarıyla mekânların çevre ile görsel bağlantısı hedeflenmiştir. Tasarlanan iç avluda oluşturulan açık sergiyle beraber bir toplanma alanı ve seyirlik alana ulaşılmıştır (Odabaşı, 2019).



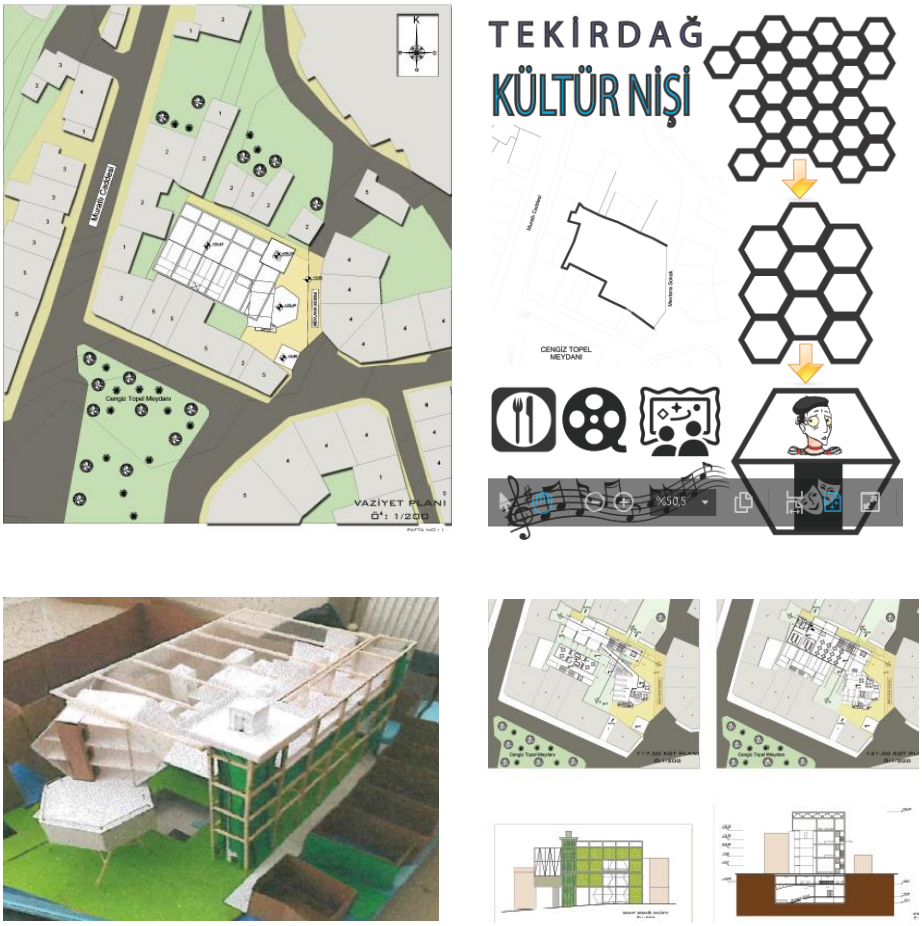
Şekil 2. Tekirdağ Kent Merkezinde, sokak dokusu içinde gerek sahil gerekse merkez ile difüzyon yaparak içiçe geçen tasarım örneği (Tasarımcı mimar adayı: Arif UYSAL, NKU Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü Öğrencisi)

Tekirdağ Kentinin önemli arterlerinden Hükümet Caddesi ve Muratlı Caddesi civarındaki konut ve ticaret yerleşimlerinden oluşan mahallelere komşu olan proje arazisi kentsel kullanım açısından büyük potansiyeller taşımaktadır. Bölgedeki Dinamizmi şekillerinden unsurlardan en önemlisi ticari fonksiyonların dış mekânları ile desteklenmiş kamusallığın maksimum seviyede görülebilmesidir. Bu alanda yaşam deneyimi kentin önemli yansısıdır. Mekânın yaşamsal kurgusu çevresi ile bir bütünleşmeli ve etkileşim içinde olmalıdır. Mekânın kullanıcısı ve çevreden geçen kentli buradaki eylem vasıtası ile iletişime geçebilmelidir. Geçiş esnasında mekânda gerçekleşen kültürel ve sanatsal olgularda, kentli iletişim isteğinde bulunabilir ve mekânı deneyimlemek isteyebilir. Keşfetme imkânı ve seçme özgürlüğü kentliyi cezp edebilir. Bu amaçla köşe konumlu arsada, yoğun olan Hükümet caddesinin köşesinde monimantal ve çatısı iç bahçeye eğimli bir sergi-kültür kütlesine yer verilmiş, bu binanın cadde cephesi şeffaf olarak tasarlanmıştır. Binanın kentli ile iç mekândaki sergi vb eylemleri algılanması hedeflenmiştir. İç bahçeye akışı verilen çatı yüzeyinin kente katkı koyması hedeflendiğinden, bu yüzey açık amfi olarak düzenlenmiştir. Kütle hem gürültüye önlem almada bariyer hem de işlevlendirilerek, kente gerek geçirgen çeperi ve oturma imkânlı çatı örtüsü ile katkı koymak üzere tasarlanmıştır. Parselin arka kısmında kalan diğer kütlede kültürel işlevli, her iki kütlenin çatı örtüsü bir anlamda tribün işlevini yüklenmiştir. Muratlı caddesine cepheli iç bahçe kısmı ise üstünde yer alan tam ortadaki köprü de sahne görevini yüklenebilecek durumda yerleştirilmiştir. Etkinlik esnasında sahne zemin kotundan yüksekte yer alacak ulaşım zemin kotundan sağlanacaktır. Yola cepheli kısım ise ağaçlandırılarak, yolun egzos ve gürültüsünün bu alanda emilmesi sonucu hem gürültüsüz hemde temiz havası ile tasarım alanı nefes alma noktası yanı sıra KENTSEL MEDİTASYON alanı haline gelebilecektir (Limonci, 2019).



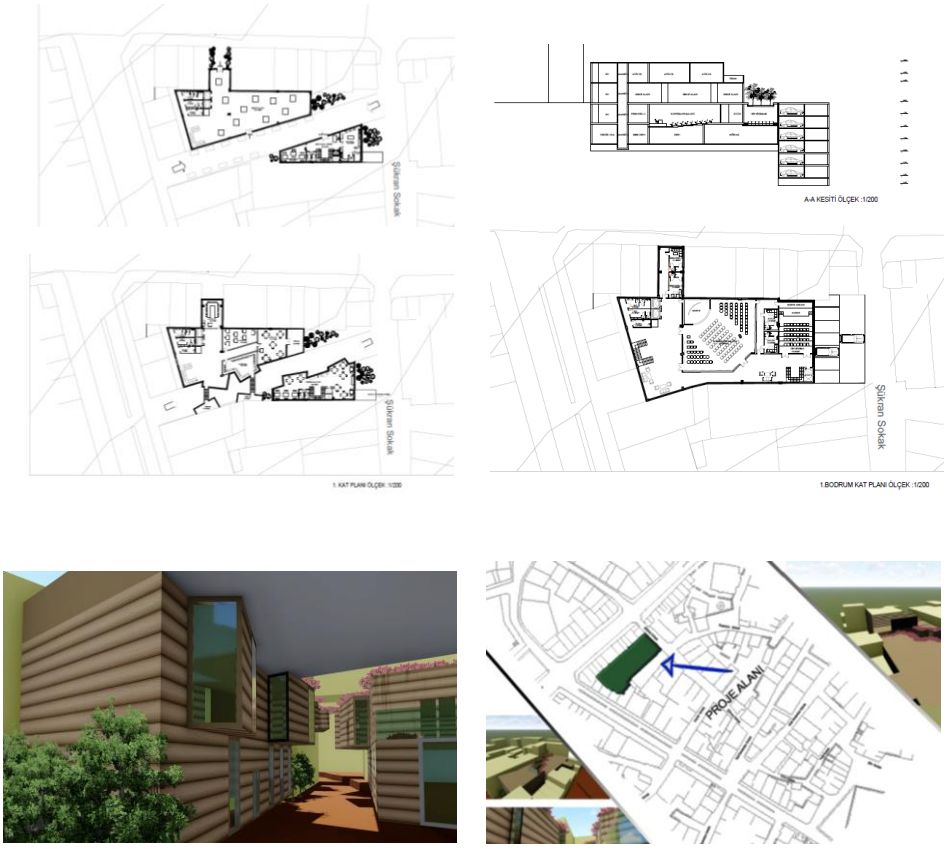
Şekil 3. Kentsel Meditasyon İsimli projeden görünümler (Tasarımcı mimar adayı: Ömer Tunahan LİMONCİ, NKU Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü Öğrencisi)

‘’Tekirdağ Kent Merkezinde Kültür Nişi’’ Tasarımı, çalışan nüfus oranın yüksek olduğu şehirde, halkı kültür nişinde yer alan atölyeler, seyir terası, oda sahne ve sergi salonları ile kültür –sanat etkileşimine katmak böylelikle günlük yaşam stresinden uzaklaştırarak kültürel ve sanatsal faaliyetlerle yaşam örüntüsünü kurmak hedeflenmiştir.’’ Mimar adayı mimari projesinin konsept aşamasında, Tekirdağ Halkının sanatsal ihtiyaçlarını gidermek için ne tür faaliyetlerde bulunduğunu incelediğini ifade etmektedir. Merkez ve ilçelerde yer alan tiyatro salonu ve sahnelerin, oyun ve konser günlerinde yoğun olduğunu tespit ettiğini, kentlinin kültürel aktivitelere katılmayı sevdiğini, yoğun iş temposunun ve aktivite imkânların kısıtlı olması nedeniyle, kültürel sanatsal aktivite miktarının çoğaltılmasına ihtiyaçtır. Bu nedenle mimar adayı kültürel ve sanatsal aktivite sayısını artıracak atölyeler, konser ve oyun aktivitelerinin yer alacağı, ‘’Tekirdağ Kent Merkezinde Kültür Nişi Tasarım’’ isimli mimari projeyi, üç yanı binalarla çevrili bir cephesi ise kentli ile iletişim kurabilmeye imkânlı, adeta bir niş niteliğinde konumlu arsada, kent duvarında Kültür Nişine ev sahipliği yapabilecek kapsamda tasarlamıştır. Mimari tasarımın programında atölyeler (Şiir-Masal-Padomim-Yaşlı ve Çocuklar için Oyunculuk –Nefes, ses, beden, proje geliştirme, senaryo ve oyun yazma) oda sahne birimleri, sergi imkânları, Katlı Koru birimi içinde otopark, seyir terası, kafeterya ve workshop alanları tasarlanmıştır (Atalay, 2019).



Şekil 4. ‘Kent Merkezinde Kültür Nişi’ İsimli projeden görünümler (Tasarımcı mimar adayı: Ömer Ufuk ODABAŞI, NKU Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü Öğrencisi)

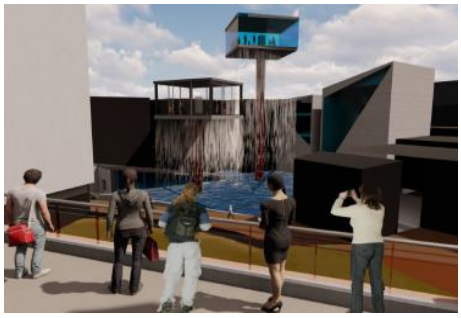
Kültür akışının ve etkileşimini sanatsal faaliyet alanında gerçekleştiren, kent merkezindeki diğer bir projede Balkanlardan Gelen Göçmenlere ait kültürün sergilenmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle, yapı adasının içinden bir sokak kurgusu ile verilen geçiş imkânı, parselin zemin katının kamuya açılarak, sergileme aracılığı ile etkileşim ve de kültürün tanınmasına geçiş mekanında yer verilmiştir. Geçiş koridorunda mekânların yüzeyleri yer yer şeffaflaşırken, üst katlarda ise özerk alanlara yer verilmiş, stilize edilmiş cumbalar ile mekânsal iletişime zemin oluşturulmuştur (Albostanlı, 2019).



Şekil 5. ‘’Kent Merkezinde Digital Sergileme İmkânlı, Kültür Sanat Koridoru’’ Funda ATALAY NKU Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde 2018-2019 Bahar yarıyılında hazırlanan Mimari Proje 6 çalışması, Tekirdağ

“Tekirdağ Merkezinde Dans ve Müzik Merkezi Tasarımı’’ Yoğun yaşam temposunun egemen olduğu kent merkezi, gündüzün dinamik bir sirkülâsyonu yerini ancak gece sakinliğe bırakır. Bu nedenle kent merkezinde, sakin ve dingin yaşamın gün boyu hâkim olacağı mekân örgütlenmesini içeren dans ve kültür merkezi tasarlanmıştır. Merkezin mekânsal tasarımda, havada uçuşan suyun oluşturduğu notaların getirdiği harmoni, konsepti tanımlamıştır. Tasarımda yer alan yüksek nüfus yoğunluklu mekanlara zemin ile yakın ilişkili olarak yer altında, teknik servis ve otoparklar ise zeminin en alt kotunda yerleştirilmiştir. Toprak üstünün ‘günlük yaşam’ için açık hava imkanlı mekanları, zemin altında ise ‘büyük hacim’ gerektiren mekanları barındırması hedef alınmıştır. Yaşamın her anı düşünülerek yer altında yer alan mekanların riskli durumlarda güvenli acil çıkışları güvenlikli olarak planlanmıştır.

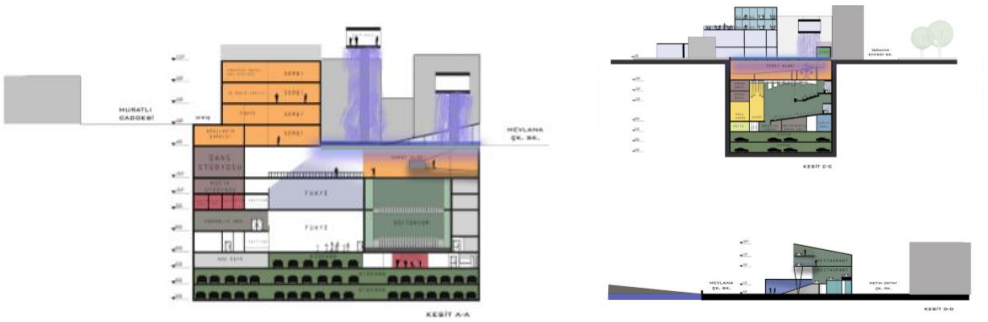
Tasarımın en önemli dikkat çek unsuru ise suyun organizasyonu ve kente turistik amaçlı yeni bir vista katmış olmasıdır. İleri teknolojiye ev sahipliği yapan yerleşim, kent içinde nefes alma ve çeki noktası olmuştur (Onar, 2019).



Tasarım alanın günümüzdeki durumunu ve yeni yaşam alanın modellemesine ait görseller

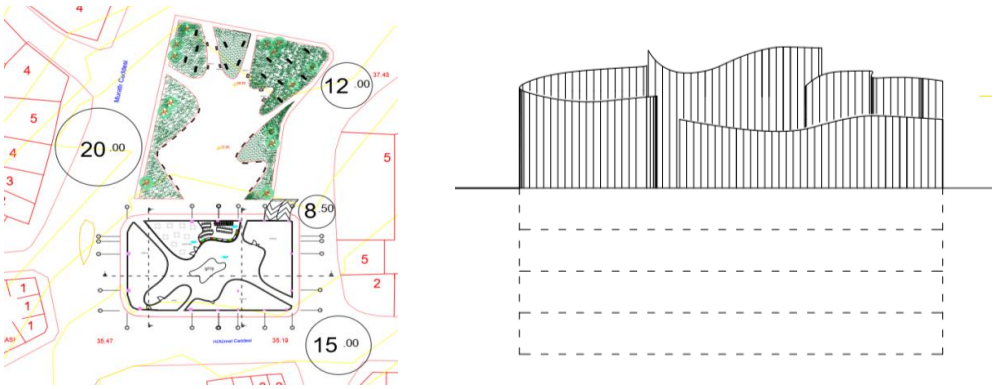
Tasarım alanına sonradan katılan mekândan tesisin algısına ve iç mekâna ait bakışımlar

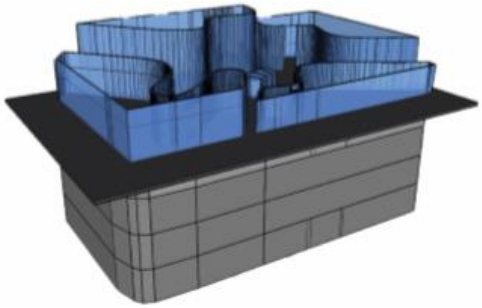
Tekirdağ Kent Merkezindeki Tasarım Alanı



Şekil 6. ‘’Tekirdağ Merkezinde Dans ve Müzik Merkezi Tasarımı’’ Yunus Emre ALBOSTANLI, NKU Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde 2018-2019 Bahar yarıyılında hazırlanan Mimari Proje 5 çalışması, Tekirdağ

Kent Merkezinde, Hükümet Caddesi ve Muratlı Caddesi kesişiminde yer alan alanda, kentlinin kitap ile etkileşime girmesi için tasarlanan Sokak Kütüphanesi, kentliye okuma mekânı sağlayacak niteliktedir. Yazar ve okuyucuyu buluşturacak sergi mekânları, etkinlik alanları, periyodiklere ulaşım imkânları ve kitapla karşılaşma mekânları zemin kotunda tasarlanmıştır. Kitap koleksiyonlarına ise zemin altında yer verilmiştir.





Şekil 7. ''Sokak Kütüphanesi'' Şevval ONAR, NKU Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde 2018-2019 Bahar yarıyılında hazırlanan Mimari Proje 5 çalışması, Tekirdağ

2. SONUÇ

Çalışmada, Tekirdağ kent merkezinin yerleşim dokusunda gelecek kuşaklara aktarılması gereken mimari miras irdelenerek, yeni mimari doku ile bu binalara bakışta, farkındalık elde edilmesi hedeflenmiştir. Yitip gidenlerin yerine getirilen doku ile hem mevcut dokunun ezilmemesi, kalanların yalnızlıktan, yeni planlama ile hayata değen konumuna getirilerek, kurtarılması öneri tasarımlarla yapılmıştır.

Tasarımın alanının tarihi çevre içindeki yeri taşıt ringi ve yaya ulaşım arteri ele alınarak, hem kent içi ulaşım hem de alanın trafik kargaşasından kurtarılması gerçekleşmiştir. Araç ulaşımı yerleşimi yaya kullanımına alan yaratacak şekilde ele alınmıştır. Yer altı veya yerüstü katlı otopark çözümlemeleri ile otopark sorunu giderilmiştir. Elde edilen yaya alanları ile, kentliye hem nefes alma imkanı hem de getirilen yeşil doku - su alanları ve dinlenme mekanları ile rekratif alanları deneyimle imkanı verilmiştir. Yıkılmış yapıların boş ve işlevsiz yerleri yeni tasarım önerileri ile tarihi çevre dokusu ile bütünleşen, kamusal açık ve yeşil alanlar ile bitkisel tasarımlara imkân veren konuma getirilmiştir. Yapı adalarının bütüncül korunması, geçmişten gelen izlerin geleceğe aktarılmasını ve geçmiş izlerinin okunmasını da sağlamıştır. Kentin ulaşım akslarının devamlılığı ve sürdürülebilirliği, yeni yaşam eksenleri ile çakışması veya kesişmesi sağlanarak, mevcut dokuların difüzyonuna imkân verilmiştir. Üretilen yeni tasarımlar kentlinin kaynaştığı, bir araya geldiği adeta kentin salonu işlevini yüklenmiştir. Yeni yapılanma önerisinde, mevcut tarihi yapıları gerek gabari yaklaşımında ezmeyen gerekse farkındalığa imkân verecek nitelikli yaklaşımlar elde edilmiştir. Kentin öncelikle yayaların olduğu varsayımından hareketle, sanat ve kültürel etkinliklere ortam sunabilen, iç ve dış mekân kurguları tasarlanmıştır.

Tekirdağ'ın doğal, yapma (Tarihi doku) ve sosyal çevre verilerinin tasarımda dikkate alındığı mimari tasarımlarda, kente katkı koyan bina tasarımları önerilmiştir. Tüm bu yapılanmada sadece iç mekânın zenginliği değil çevre ile bütünleşen, mevcut doku ile iletişim kurabilen bir mekânsal kurgunun mimari projeleri elde edilmiştir. Bugüne kadar şehrin sahip olduklarının yanı sıra akvaryum, dinamik su kullanımı, tarihi çevre algılanabilirliği, yükselen kent duvarının olumsuz etkisi yanı sıra üst kottan kenti algılama imkânı tasarımlara veri olmuştur. Kent merkezinin iskeletini oluşturan değerleri mesnet alan tasarımlarda, mevcut yapı adaları sadece sınırlayıcı olamayıp çağdaş yaşama yeni yaşama alanları da sunmuştur. Kent merkezi; cazibe merkezi haline getirecek sosyal mekân önerileri ile gündüz yaşanan gece yalnızlığa itilen oluşumdan, 7-24 yaşayan bir konuma getirilmiştir. Tüm bu kurgu tasarımında sürdürülebilir, tarihi dokuya saygılı, geçmişi önemseyen bir mimari tutum sergilenmiştir.

3. ÇIKARIMLAR;

1-) Terk edilmişlik sonrası, yalnızlaşan ve köhneleşen kentsel mekânların kent yaşamına aktif olarak katılımı sağlanmıştır.

2-) Yatay düzlemde yetersiz olan yeşil dokuya düşey düzlemde yer verilerek, -katlı orman, düşey bahçe, vb., olgusu kent mekanına kazandırılmıştır.

3-) Asansörlü katlı otoparklar ile parsel alnının yer altı düzeyleri değerlendirilmiştir.

4-) İç mekân organizasyonunda çevre verileri dikkate alınarak iç bakışımında iç dış ilişkisi ve çevredeki tarihi binaların algısı sağlanmıştır.

5-) Kamusal mekânlarda yeşil doku, su dokusu, dijital mekânlaşma deneyimlemeleri

yaşanmıştır.

6-) Kentin mevcut yaya ulaşım akslarına eklemlenen ve onlarla beslenen eksenler yaratılarak eski-yeni oluşumu yaşama getirilmiştir.

7-) Gelişmiş teknolojik imkânlar iç mekân düzenlemelerinde sıra dışı sergilemelere imkân vermiştir. Yatay-düşey dijital sergi elemanları, ses-görsel efektleri, üç boyutlu sergileme

imkânları ile iç mekân örgütlenmesinde her yüzey aktif olarak kullanılmıştır.

8-) Açık alanlar hem etkileşim, hem dinlenme hem de kültürel üretim alanı haline bürünmüştür.

9-) Eylem eyleme çatılarak mekânsal örüntüde kente katkı koyan mekânlara ulaşılmıştır.

10-) Mekânda suyun, elektrikli sistemlerin kullanılması, bu mekânların güvenliği için gerekli alan ve donanımların araştırılması mimar adayının güncel oluşumları bilgi edinmesini

getirmiştir.

11-) Kente yeni modern zenginliklerde yaşayan doku içinde yer verilmiştir.

12-) Binaların iç mekânlarının kamusal alana açılmaları ve bu mekânların günlük yaşam içinde algılanmaları sağlanmıştır.

13-) Önerilen yapıların her birinde çatı yüzeylerinin değerlendirilerek yatay düzlemde yeşil alan, eğik yüzeylerde oturma seyir amaçlı veya imkan dahilinde açık sinema olarak kullanımı önerilmiştir.

14-) Yapı adalarının önerilen yapılaşmada her m2 sinin kullanımı, gerek yeşil gerek sergi vb. olarak uygun durumlarda ulaşım ve bağlayıcı özelliklerle donatılmasına imkân verilmiştir.

15-) Mekânı kentlinin deneyimlemesi yapılan geçiş ve etkileşim eksenleri ile ve nefes alma zonları ile gerçek kılınmıştır.

16-) Önerilen tüm projelerde sinema, toplanma salonları, sergiler, akvaryum alanları, kültürel etkinlik mekanları, özellikli kütüphane, deşarj olma alanları vb tasarımlarda yer verilmiştir.

KAYNAKLAR

Albostanlı Y.E. ‘’Tekirdağ Merkezinde Dans ve Müzik Merkezi Tasarımı’’ NKU Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde 2018-2019 Bahar yarıyılında hazırlanan Mimari Proje 5 çalışması, Tekirdağ

Atalay F. ’Kent Merkezinde Kültür Sanat Koridoru’’ NKU Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde 2018-2019 Bahar yarıyılında hazırlanan Mimari Proje 6 çalışması, Tekirdağ

Ateş, H., ‘’XV.-XVI.Yüzyılda Rodosçuk Çarşıları: Mekan Değerlendirmesi ve Şehirleşmeye Etkileri’’ Rodosto’dan Süleymanpaşa’ya TEKİRDAĞ,

Uluslararası Tekirdağ Tarihi Sempozyumu Bildirileri 26-27 Mart 2015, Sempozyum Kitabı,Namık Kemal Üniversitesi, (Edi.Yıldız M) Kitabevi-İstanbul, s:227

Atik, N., ‘’Taş Devri’nden Osmanlı’ya, Tekirdağ’da Yapılan Arkeolojik Çalışmalar’’ Rodosto’dan Süleymanpaşa’ya TEKİRDAĞ, Uluslararası Tekirdağ Tarihi Sempozyumu Bildirileri 26-27 Mart 2015, Sempozyum Kitabı,Namık Kemal Üniversitesi, (Edi.Yıldız M) Kitabevi-İstanbul, s:39

Kiper, T., ‘’Tekirdağ Kentsel Sit Alanının Korunmasında Peyzaj Mimarlığı Açısından Bir Yaklaşım’’ Rodosto’dan Süleymanpaşa’ya TEKİRDAĞ, Uluslararası Tekirdağ Tarihi Sempozyumu Bildirileri 26-27 Mart 2015, Sempozyum Kitabı,Namık Kemal Üniversitesi, (Edi.Yıldız M) Kitabevi-İstanbul, s:229-230

Limonci T., ‘’Kentsel Meditasyon Mekanı Tasarımı’’ NKU Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde 2018-2019 Bahar yarıyılında hazırlanan Mimari Proje 5 çalışması, Tekirdağ

Odabaşı U., ‘’Tekirdeğ Kent Merkezinde Kentsel Niş Tasarımı’’ NKU Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde 2018-2019 Bahar yarıyılında hazırlanan Mimari Proje 5 çalışması, Tekirdağ

Onar Ş.’’ Sokak Kitaplığı’’ NKU Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde 2018-2019 Bahar yarıyılında hazırlanan Mimari Proje 5 çalışması, Tekirdağ

Uysal A., ‘’Tekirdağ Kent Merkezinde Kültür Merkezi Tasarımı’’ NKU Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde 2018-2019 Bahar yarıyılında hazırlanan Mimari Proje 6 çalışması, Tekirdağ