

MÜHENDİSLİK BİLİMLERİNDE GÜNCEL ARAŞTIRMALAR

EDİTÖR

Dr. Ramazan ŞENER

YAZARLAR

Prof. Dr. H. Selma ÇELİKAY

Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ

Doç. Dr. Asaf Tolga ÜLGEN

Doç. Dr. Mahir UZUN

Dr. Öğr. Üyesi Selim Serhan YILDIZ

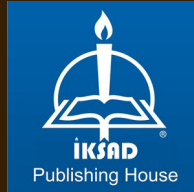
Öğr. Gör. Dr. Hüseyin GÖKÇE

Dr. Canser BILIR

Öğr. Gör. Çağatay ERSİN

Arş. Gör. Hüseyin BEYTÜT

Arş. Gör. R. Gizem ÖZTAŞ KARLI



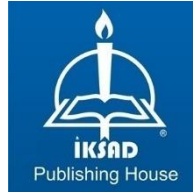
MÜHENDİSLİK BİLİMLERİNDE GÜNCEL ARAŞTIRMALAR

EDİTÖR

Dr. Ramazan ŞENER

YAZARLAR

Prof. Dr. H. Selma ÇELİKİYAY
Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ
Doç. Dr. Asaf Tolga ÜLGEN
Doç. Dr. Mahir UZUN
Dr. Öğr. Üyesi Selim Serhan YILDIZ
Öğr. Gör. Dr. Hüseyin GÖKÇE
Dr. Canser BİLİR
Öğr. Gör. Çağatay ERSİN
Arş. Gör. Hüseyin BEYTÜT
Arş. Gör. R. Gizem ÖZTAŞ KARLI



Copyright © 2020 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced,
distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or
mechanical methods, without the prior written permission of the
publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of
Economic Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2020©

ISBN: 978-625-7279-57-4
Cover Design: İbrahim KAYA
December / 2020
Ankara / Turkey
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRDEN

ÖNSÖZ

Dr. Ramazan ŞENER1

BÖLÜM 1

BİR TOZ KARIŞTIRICI TASARIMI VE DİNAMİK ANALİZİ

*Arş. Gör. Hüseyin BEYTÜT, Doç. Dr. Mahir UZUN,
Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ*3

BÖLÜM 2

EĞRİSEL EVOLVENT PROFİLLİ DİŞLİ ÇARKLARIN DIŞ PROFİL YÜZEY KALİTESİNİ ARTTIRMA YÖNTEMİNİN ARAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Mahir UZUN, Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ15

BÖLÜM 3

ALTIN KAPLI MGB₂ SÜPERİLETKENİNDE FARKLI TAVLAMA SICAKLIĞININ MANYETİK REZİSTİVİTEYE ETKİSİ

Doç. Dr. Asaf Tolga ÜLGEN31

BÖLÜM 4

AI 5083 H116 ALAŞIMININ DELİNMESİ SÜRECİNDE OLUŞAN SES VE TİTREŞİMLERİN KESME PARAMETRELERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

*Öğr. Gör. Dr. Hüseyin GÖKÇE
Öğr. Gör. Çağatay ERSİN*43

BÖLÜM 5

RİSKİ ALAN İLAN EDİLEN BÖLGELERDE YER ALAN BİNALARDA DEPREM KAYNAKLI YAPISAL HASAR TAHMİNİ: DÖRTYOL ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Selim Serhan YILDIZ.....69

BÖLÜM 6

FİLYOS VADİSİ PROJESİ EKOLOJİK UYGUNLUK ANALİZİ

Prof. Dr. H. Selma ÇELİKAY

Arş. Gör. R. Gizem ÖZTAŞ KARLI.....85

BÖLÜM 7

ÇOKLU-KANAL DAĞITIM SİSTEMİ YAKLAŞIMLARI

Dr. Canser BİLİR109

ÖNSÖZ

İlk mühendis kimdir diye sorulsa cevap veremem. Ancak günümüze kadar her biri harika mühendislerin yaşadıklarını ve bilime, teknolojiye inanılmaz katkılar yaptıklarını söyleyebilirim. Bilimi bir ev olarak betimlersek, günümüze kadar her bir mühendis ve bilim insanı bu eve büyük ya da küçük bir tuğla koymuşlardır. Adım adım ve sistematik olarak modern bilim ortaya çıkmış ve gelişmeye devam etmektedir.

Mühendislik bilimlerinin farklı alanlarından bölümlerin yer aldığı kitabımızda, güncel mühendislik araştırmaları yer almaktadır. Geniş bir alanı kapsayan bu çalışmalar, tasarım ve imalat yöntemleri hakkındaki güncel konuların yanında, şehirlerde oluşabilecek deprem hasarlarının tahmini, sürdürülebilir kalkınma, ekolojik uygunluk ve online imkanlarla değişen perakendecilik anlayışları konularında çalışmalar bulunmaktadır. Kitabın ortaya çıkmasına, değerli çalışmalarıyla katkı sağlayan yazarlara teşekkür ederiz. Bu çalışmaların, gelecek çalışmalara ışık tutması ve mühendisliğin gelişimine katkı sağlaması en içten temennimizdir.

Dr. Ramazan ŞENER

Aralık, 2020

BÖLÜM 1

BİR TOZ KARIŞTIRICI TASARIMI VE DİNAMİK ANALİZİ

Arş. Gör. Hüseyin BEYTÜT¹, Doç. Dr. Mahir UZUN²,
Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ³

1 Bitlis Eren Üniversitesi, Mimarlık-Mühendislik Fakültesi, Bitlis, Türkiye, hbeytut@beu.edu.tr, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8751-2225>

2 Malatya İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malatya, Türkiye, mahir.uzun@inonu.edu.tr, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0907-6875>

3 Malatya İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malatya, Türkiye, semsettin.temiz@inonu.edu.tr, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6737-3720>

GİRİŞ

Toz karıştırıcılar son yıllarda özellikle kompozit malzeme üretiminde ve mühendislik alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca plastik, ilaç, gübre, gıda maddeleri, çimento ve seramik gibi endüstriyel ürünler için de önemli bir süreçtir [Muzzio ve diğ, 1997; Poux ve diğ, 1991; Rhodes, 1990; Huang ve Kuo, 2014; Thakur ve diğ, 2003]. Toz metalurjisi işleminden üretilen kompozitlerin kalitesi, karıştırma işlemi sırasında tozların karışma homojenliğine bağlıdır.

Toz karıştırıcıda, haznenin çapı ve uzunluğu ve üzengi yarıçapı, kaptaki tozların hareketini ve dolayısıyla karışımın kalitesini etkileyen ana boyutlardır [Mayer-Laigle ve diğ, 2015]. Bu nedenle, istenen ürünün elde edilmesi için kabın ve üzengi demirlerinin tasarımı çok önemlidir.

Karıştırma hızı, parçacık dinamiğini dolayısı ile karışımın kalitesini etkileyen faktörlerden biridir [Alexander ve diğ, 2002]. Bu nedenle motor devri, iyi bir homojen karışım için önemli bir parametredir. Ancak yüksek motor devri, hazne ve üzengi malzemesinde zarara neden olabilir. Bu nedenle, toz karıştırıcının dinamik analizi araştırılmalıdır.

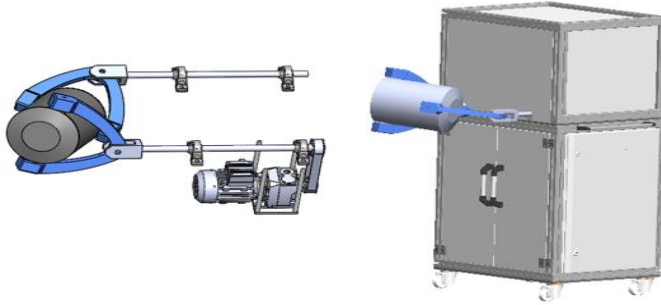
Karıştırılmak istenen toz kütlesi belirli bir ağırlığın üzerine çıktığında veya istenen kalite için dönme hızı arttırıldığında, eşdeğer gerilimler malzemenin akma sınırının üzerinde olabilir. Bu çalışma, farklı yük koşulları altında toz haznesinde ve üzengide oluşan eşdeğer gerilmeleri elde etmeye çalışmaktadır. Literatürde toz karıştırıcının dinamik analizi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak toz

karıştırıcının dinamik özellikleri çok karmaşık bir sorundur. Bu çalışmada, Solidworks® ile bir toz karıştırıcı modellenmiş ve Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) ile dinamik davranışı araştırılmıştır

1. BİR TOZ KARIŞTIRICI TASARIMI VE DİNAMİK ANALİZİ

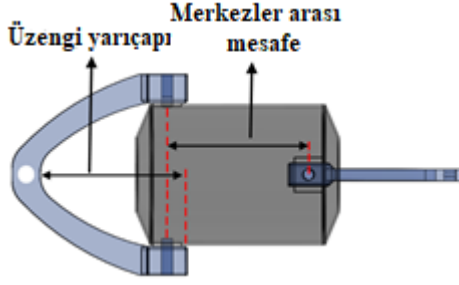
1.1. Toz Karıştırıcı Tasarımı

Toz karıştırıcı SolidWorks Yazılımı ile modellenmiştir (Şekil 1). Şaft motor tarafından tahrik edilir ve toz haznesini üzengi demirleri yardımıyla döndürür. Diğer mil serbestçe ve tahrik milinin zıt yönünde döner. Miller arasındaki mesafe 433 mm'dir. Toz karıştırıcının hareketi için miller arasındaki mesafenin doğru verilmesi çok önemlidir.



Şekil 1: Toz karıştırıcının CAD Modeli.

Toz karıştırıcının hareketi, iki üzengi arasındaki merkez mesafesi, üzengi demirinin yarıçapına eşitse mümkündür [Wohlhart, 1981]. Bu ölçüt toz karıştırıcının tasarımında dikkate alınmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Tasarlanan hazne ve üzengi demirleri

Toz karakteristiği ve karışım kalitesi için toz karıştırıcıların tasarımında Froude sayısı (Denklem 1) dikkate alınmalıdır [Marigo ve diğ., 2012].¹⁰ Merkezkaç kuvvetinin yer çekimine oranı ile bulunur [Mellmann, 2001].

$$Fr = (\omega^2 r) / g \quad (1)$$

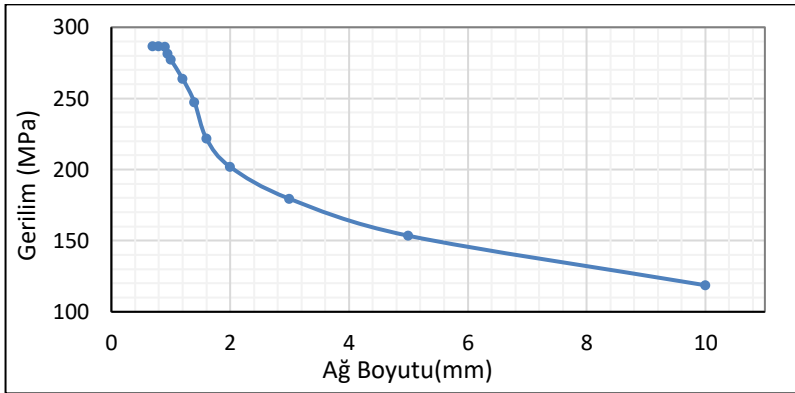
ω açısal hız, r kabın yarıçapıdır ve g yerçekimidir. Çalışmalar yavaş dönüş için Froude sayısının etkisinin önemsiz olduğunu göstermektedir.

Kullanılan Alüminyum alaşımının Elastisite modülü 210 Gpa, Akma mukavemeti 280 MPa ve yoğunluğu 2.7 gr/cm³'tür. Froude sayısı 30, 45 ve 60 rpm için sırasıyla 1.23 10⁻¹, 2.76 10⁻¹, 4.9 10⁻¹'dir.

1.2. Sonlu Elemanlar Modeli

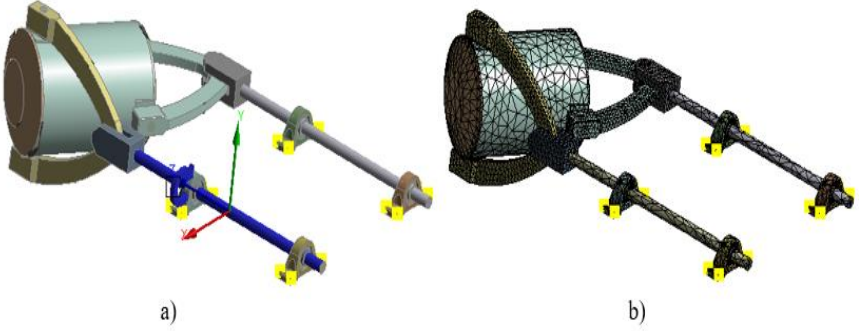
Toz haznesi ve üzengide oluşan kuvvetler, konuma göre sürekli değiştiğinden yükler zamanın bir fonksiyonudur. Ayrıca atalet kuvvetleri de önemli olduğundan Transient Structural Analysis (Zamana bağlı yapısal analiz) kullanılmıştır.

Zaman tasarrufu ve doğru sonuçlar için, düşük gerilimli eğimlerdeki bölgelerde veya gerilmelerin öneminin çok fazla kaygı duyulmadığı bölgelerde, daha kalın ağ yapısı kullanılmıştır. Ayrıca Ağ yapısı, Daha doğru sonuçlar elde etmek için yakınsaklanmıştır yani ağdan bağımsızlık çalışması yapılmıştır (Şekil 3). Hazne ve üzengi arasındaki bağlantı bölgesi için 0,9 mm'lik eleman boyutu, geri kalan parçalar için 8 mm'lik eleman boyutu kullanılmıştır. Toplam düğüm sayısı 135200, Toplam eleman sayısı 81145'tir. Katı (solid) elemanların sayısı 67945 kalan elemanlar ise kabuk (shell) elemanlardır. Zaman adımı (time step) tüm durumlar için $1e-7$ s'dir. Yerçekimi etkisi bu tür analizler için göz ardı edilemeyeceğinden dolayı, Yerçekimi etkisi ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$) dikkate alınmıştır.



Şekil 3: Ağdan bağımsızlık çalışması.

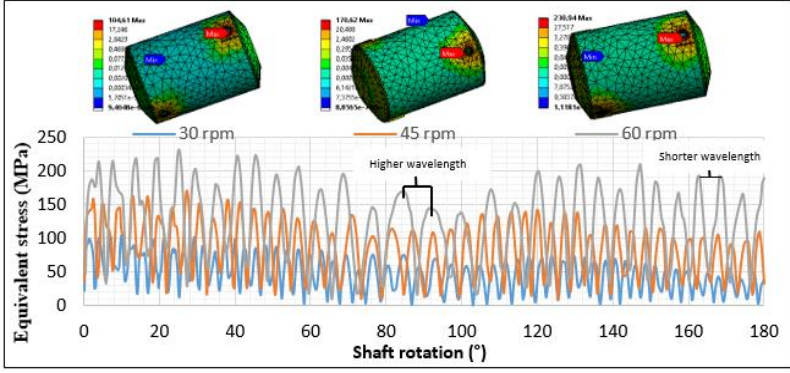
Rulmanlar tüm serbestlik derecelerinden sınırlandırılmıştır. Tahrik miline dönme hızı verilirken, diğer mil serbesttir ve tahrik milinin zıt yönüne döner (Şekil 4).



Şekil 4: a) Toz karıştırıcının 3D görünümü b) Ağ yapısı.

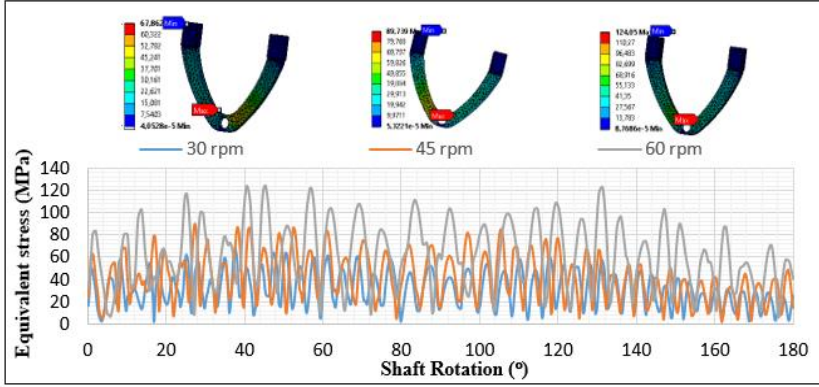
2. BULGULAR

Toz haznesine kütle eklenmemiş durum için toz haznesinde oluşan gerilmeler 30 rpm için 10.2° 'de (104.61 MPa), 45 rpm için 27.4° 'de (170.62 MPa) ve 60 rpm için 25° 'de (230.94 MPa) maksimum olmuştur (Şekil 5 ve Şekil 6). Ancak bu durum, üzenği demirlerinden biri dikey konumdayken diğeri yatay konumdayken motor çalıştırıldığında meydana geldi. Maksimum gerilmelerin oluştuğu dereceler farklı durumlar için değişebilir. Ayrıca 90° civarında tüm durumlarda eşdeğer gerilimlerde bir azalma olmuştur. Ek olarak, $0-90$ derece ile $90-180$ derece arasında oluşan gerilme dağılımları benzerdir. Bunun nedeninin, toz haznesine dik olan üzenği demirinin paralel pozisyona hareket etmesi ve kaba paralel olan üzenği hareketinin ise dik pozisyon geçmesi olduğu düşünülmektedir.



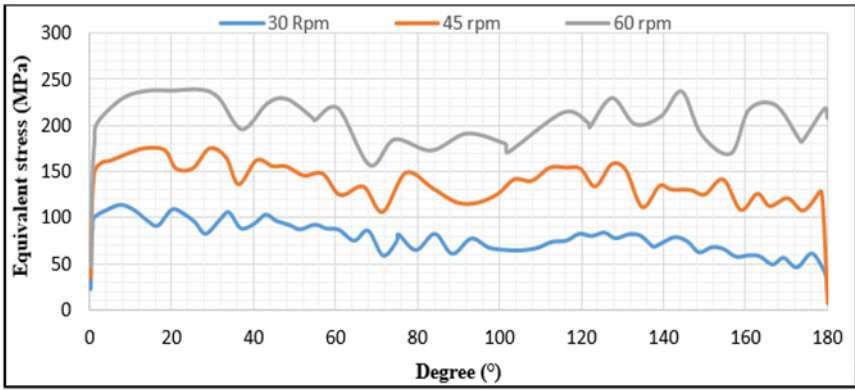
Şekil 5: Kütle eklenmemiş durum için toz haznesinde oluşan gerilmelerin dönme açısına göre değişimi.

Dalga boyunun (tepe noktaları arasındaki mesafe) 90 derece civarında daha yüksek olduğu ve 90 dereceden uzaklaştıkça kısaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca 0-90 derece arasında oluşan stres dağılımları daha yüksektir. Bu muhtemelen atalet kuvvetlerinin etkisinden ve statik ve dinamik sürtünme katsayılarının farkından kaynaklanmaktadır.

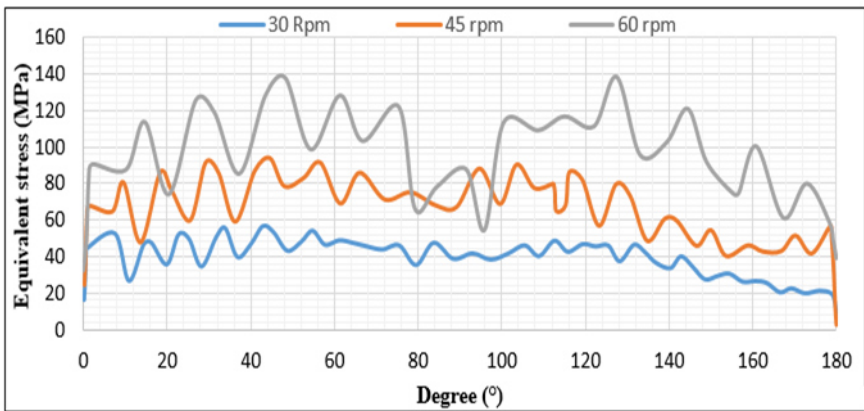


Şekil 6: Kütle eklenmemiş durum için üzengide oluşan gerilmelerin dönme açısına göre değişimi.

Toz kütlesinin gerilmeler üzerindeki etkisini araştırmak için, kaba homojen bir şekilde 1 kg kütle eklendi ve dinamik analiz tekrarlandı. Grafikleri daha anlaşılır hale getirmek için, stres dalgalanmalarının sadece tepe noktaları verilmiştir (şekil 7 ve şekil 8). Grafikler incelendiğinde, gerilmelerde 90 derece civarında bir azalma olduğu görölmektedir. Ayrıca üzengide oluşan gerilmelerde sona doğru daha keskin düşüşler olmuştur.



şekil 7: 1 kg Kütle eklenmiş durum için toz haznesinde oluşan gerilmelerin dönme açısına göre değişimi



şekil 8: 1 kg Kütle eklenmiş durum için üzengide oluşan gerilmelerin dönme açısına göre değişimi

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, doğrusal olmayan ve zamana bağlı yapısal analizde, farklı yük koşullarına maruz kalan bir toz karıştırıcının dönme hızının ve eklenen kütle için eşdeğer gerilmeler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Eşdeğer gerilmelerde, beklendiği gibi dönme hızı ve ilave kütle ile artış gözlemlenmiştir. Karıştırılmak istenen toz kütlesi belirli bir ağırlığın üzerine çıktığında veya istenen kalite için dönme hızı arttığında, malzemede akma sınırının üzerinde eşdeğer gerilmeler oluşmuştur. Sonuçlar, toz kütlesi ve dönme hızı dikkate alınarak tasarım yapılması gerektiğini göstermektedir.

KAYNAKÇA

- Alexander, A., T. Shinbrot, and F.J. Muzzio, (2002) Scaling surface velocities in rotating cylinders as a function of vessel radius, rotation rate, and particle size. *Powder Technology*. 126(2): p. 174-190.
- Huang, A.-N. and H.-P. Kuo, (2014) Developments in the tools for the investigation of mixing in particulate systems—A review. *Advanced Powder Technology*. 25(1): p. 163-173.
- Marigo, M., D. Cairns, M. Davies, A. Ingram, and E. Stitt, (2012) A numerical comparison of mixing efficiencies of solids in a cylindrical vessel subject to a range of motions. *Powder technology*. 217: p. 540-547.
- Mayer-Laigle, C., C. Gatumel, and H. Berthiaux, (2015) Mixing dynamics for easy flowing powders in a lab scale Turbula® mixer. *Chemical Engineering Research and Design*. 95: p. 248-261.
- Mellmann, J., (2001) The transverse motion of solids in rotating cylinders—forms of motion and transition behavior. *Powder technology*. 118(3): p. 251-270
- Muzzio, F.J., P. Robinson, C. Wightman, and D. Brone, (1997) Sampling practices in powder blending. *International journal of pharmaceuticals*. 155(2): p. 153-178.
- Poux, M., P. Fayolle, J. Bertrand, D. Bridoux, and J. Bousquet, (1991) Powder mixing: some practical rules applied to agitated systems. *Powder Technology*. 68(3): p. 213-234.
- Rhodes, M.J., (1990) Principles of powder technology.
- Thakur, R., C. Vial, K. Nigam, E. Nauman, and G. Djelveh, (2003) Static mixers in the process industries—a review. *Chemical Engineering Research and Design*. 81(7): p. 787-826.
- Wohlhart, K. (1981) Dynamic analysis of the turbula. in *International symposium on gearing and power transmission, Tokyo*.

BÖLÜM 2
EĞRİSEL EVOLVENT PROFİLLİ DİŞLİ ÇARKLARIN DİŞ
PROFİL YÜZEY KALİTESİNİ ARTTIRMA YÖNTEMİNİN
ARAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Mahir UZUN¹, Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ²

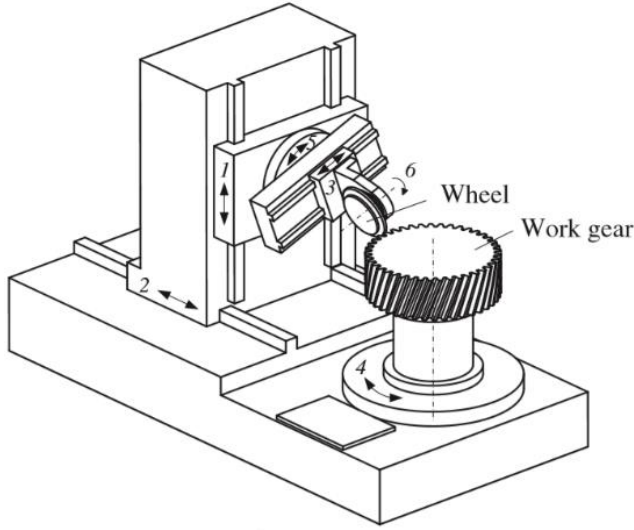
¹ Malatya İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malatya, Türkiye, mahir.uzun@inonu.edu.tr, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0907-6875>

² Malatya İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malatya, Türkiye, semsettin.temiz@inonu.edu.tr, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6737-3720>

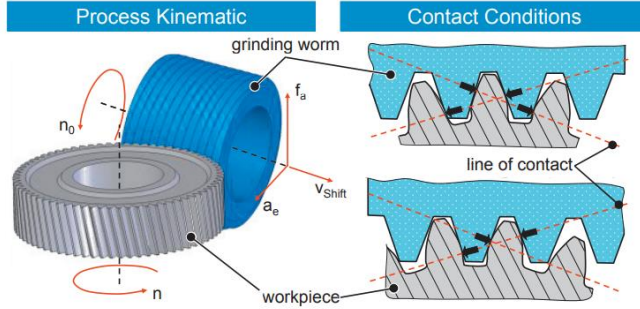
GİRİŞ

Eğrisel evolvent profile sahip dişli çarkların imalatını, 1979 yılında Forster kendi adını verdiği bir makine geliştirerek imal etmeye çalışmıştır. Üretmiş olduğu bu dişli çarkların ok dişli çarklara kıyasla aksenal yükleri daha iyi dengelediği ve dolayısı ile daha sessiz çalıştığını belirtmiştir [İleri, 1963]. Yapılan başka çalışmalarda, eğrisel evolvent dişli çarkların endüstride kullanılmasını yaygınlaştırmak amacı ile geleneksel dik işlem merkezlerinde kullanılmak üzere bazı özel çakı ve çakı tutucuları imal ederek, dişli çarkları imal etmeyi denemişlerdir. Ancak yapmış oldukları imalatlarda, dişli çarkların evolvent profilini tam olarak sağlayamamışlar ve diş profil yükseklikleri her noktada aynı olmamıştır[Bryan ve diğ, 2002; Laurantia ve diğ, 2003; Laurantia ve diğ, 2004].Yine yapılan başka bir çalışmada, bu dişli çarkların ok dişli çarklar ve düz dişli çarklara kıyasla daha fazla yük taşıdıkları, daha sessiz çalıştıkları ve yağlama özelliklerinin daha iyi olduğu belirtilmiştir[Laurantia ve diğ, 2002; Laurantia ve diğ, 2005]. Başka bir çalışmada ise eğrisel evolvent profilli dişli çarkların optimum eğrilik yarıçapı belirlenmeye çalışılmıştır. Son yıllarda standart dişli çarkların üretimlerinin dışında, CNC dik işlem merkezi kullanılarak farklı yöntemlerle özel dişli çarkların imal edileceği görülmektedir[Talon ve diğ, 2010; Das, 1999; Chang ve diğ, 1997; Abler ve diğ, 2004; Bashkirov ve Serova, 1984; Bossi ve Miletta, 1988; Klocke ve Schroeder, 2003; Litvin ve diğ, 2001]. Başka bir çalışmada ise eğrisel evolvent profilli dişli çarklar 3D olarak modellenmiş, CNC dik işleme merkezinde üretilmiş ve analizlere tabi

tutulmuştur. Yapılan analizler sonucunda dişli çarkların gerek evolvent profilinin gerekse diş profilinin doğru bir şekilde imal edilebildiği vurgulanmıştır [Uzun ve İnan, 2014; Uzun ve İnan, 2016; Uzun ve Yıldız, 2015; Uzun ve diğ, 2018; Uzun, 2015]. Yapılan bütün bu çalışmalarda, diş profillerinin yüzey kalitesinin artırılması gerektiği, ancak standart dişli çark taşlama metotları ile bu dişli çarkların diş geometrisinin izin vermemesinden dolayı taşlanamadığı ve bu sebeple bu dişli çarkların endüstride yaygın olarak kullanılmadığı vurgulanmıştır. Diş profillerinin yüzey kaliteleri artırıldığı takdirde, bu dişli çarkların endüstride yaygın olarak kullanılabilmenin önü açılmış olacaktır. Dişli çarkların yüzey kalitelerinin artırılmasına yönelik kullanılan en yaygın yöntemlerden birisi, disk formu işlenmiş çakı kullanılarak dişli çarkın taşlanmasıdır (Şekil 1). Bu yöntemde dişli taslağı dönmekte ve V ağız formu işlenmiş taşlama taşı dişlerin arasına girerek dönme yolu ile dişli çarkları taşlamaktadır. En yaygın kullanılan yöntemlerden bir diğeri ise, sonsuz diş profili işlenmiş azdırma çakısı formunda taşlama çakısı kullanılarak (Şekil 2), standart dişli çarkların taşlanmasıdır [Shih ve Chen, 2012; Kalashnikov, 2017; Klocke ve diğ, 2013; Haifeng ve diğ, 2013; Xia ve diğ, 2020].



Şekil 1: Disk çakı ile dişli çark taşlama [Shih ve Chen, 2012].



Şekil 2: Sürekli çakı formu ile dişli çark taşlanması [Klocke ve diğ., 2013].

Eğrisel evolvent profilli dişli çarklar bu standart dişli çarklar ile, diş profillerinin konveks-konkav olması sebebi ile taşlanamamaktadırlar. Buradan hareketle diş formları arasına girebilecek ve dairesel diş profili boyunca hareket edebilecek evolvant ağıza sahip küresel ve disk formuna sahip taşlama tasarımı yapılmıştır. Yapılan bu tasarımlar, modellenen dişli çarklar ile temas ettirilip, CNC tezgahlar

vasıtası ile taşlanabilirlikleri, programları kullanılarak, animasyonları yapılmış ve ispatlanmıştır.

Konvansiyonel imalat yöntemleri ile imal edilemeyen ancak CNC freze tezgahları kullanılarak imal edilebilen eğrisel evolvent profilli dişli çarkların, diş profillerinin yüzey kaliteleri istenilen seviyede olmamaktadır. Bu nedenle dişli çarkların endüstride kullanılmaları yaygınlaşmamaktadır. Bu çalışmada, eğrisel evolvent profilli dişli çark modellenip, CNC tezgahında başarılı bir şekilde üretilmiştir. Evolvent ağız profiline sahip silindirik şekilde taşlama taşı SOLİDWORKS katı model programı kullanılarak başarılı bir şekilde modellenmiş ve diş profili ile teması sağlanıp, bu yöntemle dişli çarkların başarılı şekilde taşlanabileceği gösterilmiştir. Tasarlanan bu taşlama yöntemi kullanılarak eğrisel evolvent profilli dişli çarklar taşlanmış ve yüzey kaliteleri 5 kat artırılmıştır.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

Eğrisel evolvent profile sahip dişli çarkların üretilmesi için dişli çark denklemleri kullanılmış ve dişli çark büyüklükleri belirlenmiştir (Şekil 3).

$$h_a = m \quad Dt = dt - 2,166.m$$

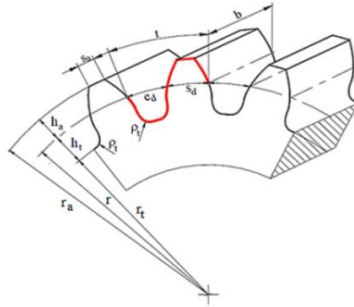
$$S_b = 0,166.m \quad h = 2,166.m$$

$$t = \pi.m \quad dt = m.z$$

$$S_d = t/2 \quad Da = dt + 2.m$$

$$e_d = t/2$$

dt taksimat dairesi çapı, b diş genişliği, Da diş üstü çapı, Dt taban dairesi çapı, h diş yüksekliği, ha diş üstü yüksekliği, ht diş dibi yüksekliği, Sa diş üstü kalınlığı, Sd diş kalınlığı, ρ_t dip kavisi yarıçapı, t taksimat, ed diş boşluğudur.

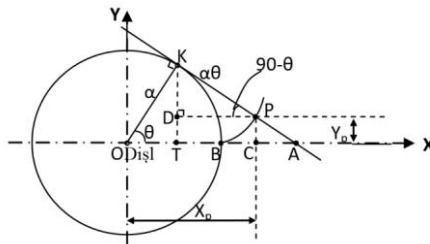


Şekil 3: Dişli çark temel büyüklükleri.

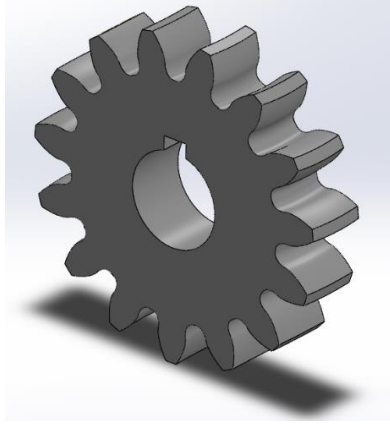
Daha sonra dişli çarkların diş profilinin oluşturulabilmesi için, evolvent eğri denklemleri kullanılarak (Şekil 4), Solidworks 2019 programında evolvent eğri oluşturulmuş ve bu eğriler ile elde edilen dişli çark büyüklükleri kullanılarak dişli çarkların 3D modeli Solidworks katı model programında oluşturulmuştur (Şekil 5).

$$X_p = a. (\cos\theta + \theta\sin\theta)$$

$$Y_p = a. (\sin\theta - \theta\cos\theta)$$



Şekil 4: Evolvent eğri oluşum geometrisi.



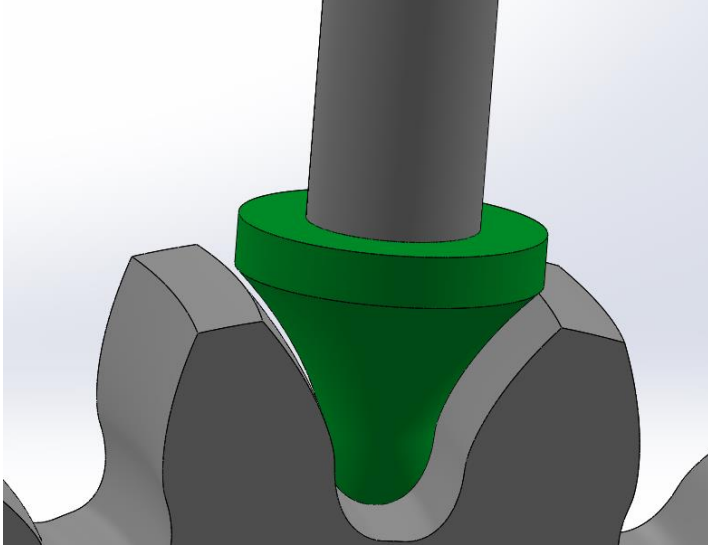
Şekil 5: Dişli çark 3D modeli.

Dişli çarkın 3D modeli oluşturulduktan sonra SOLIDCAM programı kullanılarak dişli çarkın imalat kodları türetilmiş ve 5 eksen CNC tezgahı kullanılarak dişli çark üretilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6: CNC tezgahında üretilmiş dişli çark.

Standart dişli çark taşlama metotları ile bu dişli çarklar, dairesel profillerinden dolayı taşlanamamaktadır. Bu sebeple yeni bir taşlama metodu tasarlanmıştır. Dişli çarkın tasarlanması için gerekli olan silindirik yapıdaki dişli çarkın evolvent ağıza sahip olan modeli yine Solidworks 2019 programı kullanılarak modellenmiş ve aynı metotla, evolvent ağıza sahip disk taşlama akısı da oluşturulmuştur(şekil 7).



şekil 7: Silindirik taşlama taşı 3D modeli.

2. BULGULAR VE TARTIşMA

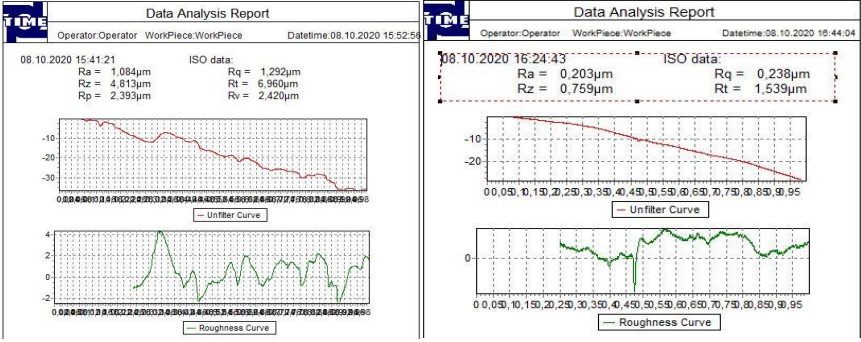
Evolvent profile sahip dişli çarklar başarılı şekilde modellenmiş ve üretilmişlerdir. Modellenen ve imatları başarılı olarak gerçekleştirilmiş olan evolvent profile sahip dişli çarkların standart taşlama metotları ile taşlanamamasından dolayı, endüstride yaygın olarak kullanılmaları için yüzey kalitelerinin arttırılması

gerekmektedir. Dişli çarklar CNC tezgahı kullanılarak üretildiklerinde, küresel çakı ile dişli çarkların dalaş kalınlığı ne kadar düşük verilirse verilsin yüzey kaliteleri istenildiği seviyede elde edilememekte ve imalat süreleri de oldukça uzun olmaktadır(Şekil 8).



Şekil 8: CNC tezgahında üretilmiş konkav-konveks evolvent diş yüzeyleri

Şekil 8'den görüleceği üzere yüzey pürüzlülüğü fazla olan diş yanak yüzeyinin kalitesinin artırılması gerekmektedir. Bu amaçla, evolvent ağza sahip taşlama taşı tasarlanmış ve SOLIDWORKS paket programı kullanılarak başarılı bir şekilde modellenmiştir. Bu taş üretilerek dişli çarkın, CNC taşlama tezgahında başarılı bir şekilde taşlanmak suretiyle yüzey kalitesinin artırılabilirdiği görülmüştür (Şekil 9).



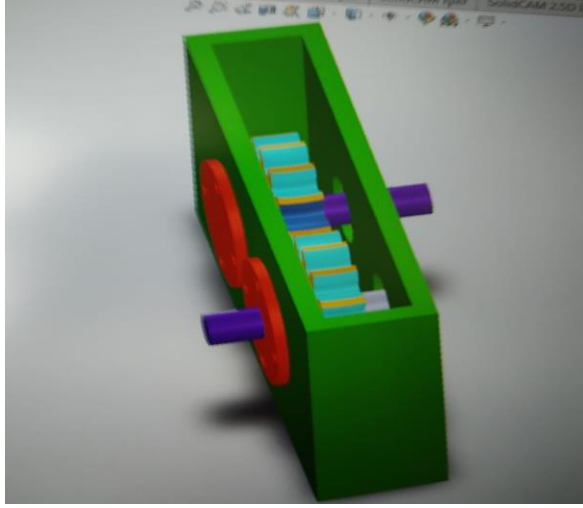
Şekil 9: Taşlama işleminden önce ve sonra yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 9’da görüleceği üzere taşlama işlemi yapılmadan önce diş yanağında ortalama pürüzlülük değeri 1,084 mikron iken taşlama işleminden sonra ortalama yüzey pürüzlülük değerinin yaklaşık 5 kat düşerek 0,203 mikrona kadar düştüğü görülmüştür.

3. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada eğrisel evolvent profile sahip dişli çarklar SOLİDWORKS paket programı kullanılarak evolvent eğri denklemleri yardımı ile başarılı bir şekilde modellenebilmişlerdir. Yine SOLİDCAM programı kullanılarak dişli çarkların üretim kodları türetilmiş ve dişli çarklar 4 eksen CNC tezgahı kullanılarak başarılı şekilde üretilmişlerdir. Ancak talaş kalınlığı 0,1 ve 0,05 mm kalınlıklarda verilmesinde bile dişli çarkların imalat süreleri çok uzamakla beraber yüzey kaliteleri istenilen seviyede (endüstride kullanılabilecek kalitede) elde edilememiştir. Yüzey kaliteleri çeşitli yöntemler geliştirilmek sureti ile artırılmalıdır. Bu çalışmada bu yöntemlerden biri olan evolvent profile sahip taşlama çakısı modellenmiş ve dişli modeli ile montajı gösterilerek, taşın üretilmesi

durumunda dişli çarkın sorunsuz taşlanabileceği gösterilmiştir. Buna ilave olarak, bir redüktör geliştirilip dişli çarklar bu redüktör içinde aşındırıcı macunlar içerisinde biribirleri ile çalıştırılmak sureti ile, alıştırma diye tabir edilen metotla da yüzey kalitelerinin arttırılabileceği öngörülmektedir (şekil 10).



şekil 10: Alıştırma işlemi için redktr tasarımı.

KAYNAKÇA

- Abler J., Felten K., Kobialka C., Lierse T., Mundt A., Promp J., Sulzer G.,2004, 'Gear Cutting Technology, Practice Hand Book' Liebherr GmbH, Kempten.
- Bashkirov VN., Serova AA., 1984, 'Computer Aided Calculation of the Chip Section in Spur Gear Hobbing' Soviet Engineering Research 6:69-71
- Bossi O., Miletti A.,1988, 'Gear Shaving Center for FMS' Robotics & Computer Integrated Manufacturing 4(1/2):149-154
- Bryan N.V., Douglas W., Laurentia A., Gabriel A.,2002, 'Non-Standard Cylindrical Gears', international Conference on Gears, Germany, VDI report1665, Vol.1, pp.311-326.
- Chang SL., Tsay CB., Nagata S., 1997, 'A General Mathematical Model for Gear Generated By CNC Hobbing Machine' Trans ASME J MechDesh 119:108-113
- Das AK., 1999, 'Technological Heredity in Spur Gear Manufacturing' J Mate Process Technol 91:66-74
- Haifeng, C., Jinyuan,T., Wei, Z., "Modeling and predicting of surface roughness for generating grinding gear", Journal of Materials Processing Technology, v. 213, p. 717– 721, 2013.
- İleri H.,1963, 'Makina Elemanları Hesabı', İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, sayı:721, pp.793-795.
- Kalashnikov, A.S., Morgunov, Yu.A., Kalashnikov, P.A., "Continuous grinding of teeth by generating cylindrical planetary transmission gears" Procedia Engineering vol.206,p.1167–1172,2017.
- Klocke F., Schroeder T., 2003, 'Gear Shaving-Simulation and Technological Studies' Processing of the Design Engineering Technical Conferences, Chicago, USA.
- Klocke, F., Brumm, M., Reimann, J., "Modeling of Surface Zone Influences in Generating Gear Grinding", Procedia CIRP, vol. 8, p.21 – 26, (2013).

- Laurantia A, Gabriel A, Douglas W (2006) Optimization of the tooth flank geometry for non-standard spur gear. Ann Univ Galati Fascicle VIII. ISSN 1221-4590, TRIBOLOGY
- Laurantia A., Douglas W., Epureanu A., Gabriel A., 2003, 'Experimental Assessment of Plastic Curved Face Width Spur Gears Behaviour', The Annals of Universty of Galati Fascicle VIII, ISSN1221-4590, TRIBOLOGY.
- Laurantia A., Douglas W., Gabriel A., Elena M., 2004, 'Influence of Non-Standard Geometry of Plastic Gear on Sliding Velocities', TheAnnals of Universty of Galati Fascicle VIII, ISSN1221-4590, TRIBOLOGY.
- Laurantia A., Gabriel A., Alexandru E., Iulian G.B., 2005, 'SynthesisandAnalysis of Plastic Curved Facewidth Spur Gears', TheAnnals of Universty of GalatiFascicle VIII, ISSN1221-4590, TRIBOLOGY.
- Laurantia A., Gabriel A., Epureanu A., Oancea N., Walton D., 2002, 'Numerical Simulation and Generation of Curved Face Width Gears', International Journal of Machine Tools andManufacture ,42,1-6.
- Litvin LF., Fan Q., Vecchiato D., Degemnego A., Handschuh FR., Sep MT., 2001, 'Computerized Genetarion and Simulation of Meshing of Modified Spur and Helical Gears Manufactured by Shaving' Computer methods in applied mechanics and engineering 190:5037-5055
- Shih, Y., P. And Chen, S.D., "A flank correction methodology for a five-axis CNC gear profile grinding machine", Mechanism and Machine Theory Volume 47, 2012, p.31-45
- Talon JLH., Ortega JCC., Gomez CL., Sancho ER., and Olmos EF., 2010, 'Manufacture Of A Spur Tooth Gear In Ti-6Al-4V Alloy By Electrical Discharge' Computer-Aided Design, 42:221-230.
- Uzun, M. and Inan, A., "Comparative Analysis of Curvilinear Gears with Produced by the New Production Method," J. Test. Eval., Vol. 44, No. 1, 2016, pp. 222–229, <https://doi.org/10.1520/JTE20140095>
- Uzun, M. and Inan, A., "Manufacturing the New Type Concave-Convex Profile involute Gears Modeled By CAD-CAM in CNC Milling Machines," J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng., Vol. 37, No. 1, 2014, pp. 255–261.

- Uzun, M. and Yildiz, K., “Investigating the Wear Behaviours of New Type curvilinear Gears,” *Acta Phys. Pol. A*, Vol. 128, No. 2–B, 2015, B-337–B-340.
- Uzun, M., “The investigation on manufacturing time of a new type concave-convex gear by a CNC milling machine” *Int J Adv Manuf Technol* (2015) 77:1275–1280 DOI 10.1007/s00170-014-6541-9
- Uzun, M., Münis, M. M., and Düzcükoğlu, H., “Pitting Formation in Concave-Convex Gears Manufactured from AISI 8620 Steel,” *Journal of Testing and Evaluation*, Vol. 46, No. 4, 2018, pp. 1708–1714, <https://doi.org/10.1520/JTE20160477>. ISSN 0090-3973
- Xia, C., Wang, S., Ma, C., Wang, S., Xiao, Y., “Crucial geometric error compensation towards gear grinding accuracy enhancement based on simplified actual inverse kinematic model”, *International Journal of Mechanical Sciences* v.169, p.105319,2020.

BÖLÜM 3

ALTIN KAPLI MgB_2 SÜPERİLETKENİNDE FARKLI TAVLAMA SICAKLIĞININ MANYETİK REZİSTİVİTEYE ETKİSİ

Doç. Dr. Asaf Tolga ÜLGEN¹

¹ Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği,
Şırnak, TÜRKİYE. ulgen_at@sirnak.edu.tr ve/veya asaftolgaulgen@gmail.com
Orcid ID: 0000-0002-7112-5607

GİRİŞ

Süperiletkenliğin keşfinden günümüze birçok uygulamacı bilimciler, bu malzemelerin elektriksel, mekaniksel, fiziksel ve mikroyapısal özelliklerini iyileştirmek üzere uygun sıcaklıkta ve manyetik alan altında davranışlarını incelemiştir (Guner ve ark. 2019, Ulgen ve ark. 2020, Karaboğa ve ark. 2018, Turgay ve ark. 2019 ve Ağıl, 2020). Magnezyum diborür (MgB_2) metal alaşımı 1954 yılında bilinen bir birlişik olmasına rağmen ilk defa Akimitsu ve ekibi tarafından kritik sıcaklığı (T_c) 39 K'de süperiletken olduğu 2001 yılında Nature dergisinde raporlanmıştır (Nagamatsu ve ark. 2001). Üretiminde ileri teknoloji kullanılan ve rafine bor bileşik olan MgB_2 süperiletkeni; yakıt pili, manyetik rezonans görüntüleme sistemleri (MRI), güç ve elektrik taşıma kabloları, hatalı akım sınırlayıcıları, güçlü magnetler gibi kullanım alanlarıyla hem teknolojik hem de endüstriyel uygulamalar için avantaj sağlayan büyük bir potansiyele sahiptir (Haskul ve ark. 2020, Tomsic ve ark. 2007, Braccini ve ark. 2007, Yankg ve ark. 2019). Ayrıca, literatürde MgB_2 süperiletken malzemesi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu malzeme için farklı sentez ve üretim yöntemleri kullanılarak külçe (yığın), tel, şerit ve ince/kalın film formunda süperiletken özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır (Yanmaz ve ark. 2007, Fujii ve ark. 2020, Kasaei ve ark. 2019, Akdoğan ve ark. 2015). MgB_2 külçe süperiletkeninin fiziksel, elektriksel ve manyetik özelliklerini iyileştirmek adına yapılan katkılar (Erdem ve ark. 2020), kaplamalar (Ulgen. 2019), birbirinin yerine geçme (yer değiştirme) gibi çalışmalar mevcuttur (Savaşkan ve ark. 2019).

Bu çalışmada, farklı tavlama sıcaklıkları uygulanan ve bir yüzeyi altın (Au) kaplı MgB_2 külçe süperiletken örneklerin dış manyetik alan altında (0.5 ile 5 T arasında) kritik geçiş sıcaklığındaki değişim araştırıldı. Bununla birlikte bir yüzeyi Au kaplı MgB_2 'nin farklı sıcaklıklarda ve farklı manyetik alan altında manyetik resistivite (magnetoresistive) özellikleri incelenmiştir.

1. DENEYSEL YÖNTEM

MgB_2 süperiletken külçe örnekleri katıhal reaksiyon yöntemiyle ticari olarak satın alınan (Alfa Easer-%99.9 saflıkta) hazır MgB_2 (ex-situ) tozundan homojen karışım elde etmek amacıyla daha önceki çalışmalarda da kullandığımız yöntem olan agat bilyeli değirmen kullanılarak argon (Ar) gazı atmosferinde 3 saat karıştırıldı ve bu karıştırma işlemi her yarım saatte bir farklı dönme yönleriyle tamamlanmıştır (Ulgen ve ark. 2018). Bilyeli değirmende karışmış MgB_2 tozunda topaklanma problemiyle karşılaşılmaması için Ar atmosferli kabinde (glove box) agat havan kullanılarak elle 1 saat tekrar karıştırılmıştır. Homojen olarak karıştırılan tozdan her bir örnek hazırlamak için 0.4g tartılarak $25 \times 4 \times 2$ mm boyutlarına sahip çelik kalıp içerisinde 250 Bar/15dk pres uygulandı ve külçe biçimine getirildi. Külçe biçiminde olan MgB_2 örneklerin bir yüzeyine $\sim 50 \mu m$ Au kaplama işlemi, EDWARDS-Auto 306 Vacuum Coating Sistemiyle 1×10^{-4} Pa vakumda (Popa ve ark. 2016) gerçekleştirilmiştir. Vakumlu metal buharlaştırma cihazında Au kaplaması için Tantalyum (%99.99 saflıkta, Alfa Easer Folyo) $5 \times 1 \times 0.001$ cm boyutlarına sahip kayıkçık kullanıldı ve 15 cm

uzunluğunda, 0.02237g ağırlığında ve 0.01mm çapındaki Au tel kayıkçığa yerleştirilerek uygulanan akım sayesinde buharlaşıp süperiletken örneğin bir yüzeyi kaplanmıştır. Au kaplamalı ex-situ MgB₂ süperiletken örneklerin ısı işlemleri yüksek sıcaklığa dayanıklı çekme boru içerisinde ve 5 Bar Ar gazı altında tüp fırında (Protherm-Model PTF12/75/200) yapılmıştır. Fırınlama işlemi oda sıcaklığından 5°/dakika artış ile sıcaklık artırılmış, 1 saat 650°C, 700°C, 750°C, 800°C ve 850°C’de tavlama işlemi tamamlandıktan sonra yine 5°/dakika sıcaklık düşürülmüştür. Kaplamasız (saf) ex-situ MgB₂ süperiletkenine 1 saat 800°C’de tavlama işlemi yapıldı ve bu örnek AuSf olarak isimlendirilmişken Au kaplı örneklerin isimlendirmesi tavlama sıcaklığı sırasına göre Au65, Au70, Au75, Au80 ve Au85 şeklindedir. Tüm örneklerin direnç ölçümleri için helyum gazlı CRY Industries-Cryostat sistemi kullanıldı ve dörtlü kontak yöntemiyle yüksek saflıkta gümüş boyayla kontaklanmıştır. Süperiletken malzemelerin öz dirence karşı sıcaklık eğrileri 25–45K aralığında incelendi ve her bir MgB₂ örneğe aynı cryostat sisteminde uygulanan 1Tesla, 2Tesla, 4Tesla ve 6Tesla dış manyetik alan altında direnç değişimleri incelenmiştir.

2. SONUÇ VE TARTIŞMA

2.1. Magneto-resistive (Manyetik Alan Altında Elektriksel Dirençteki Değişim) Ölçümleri

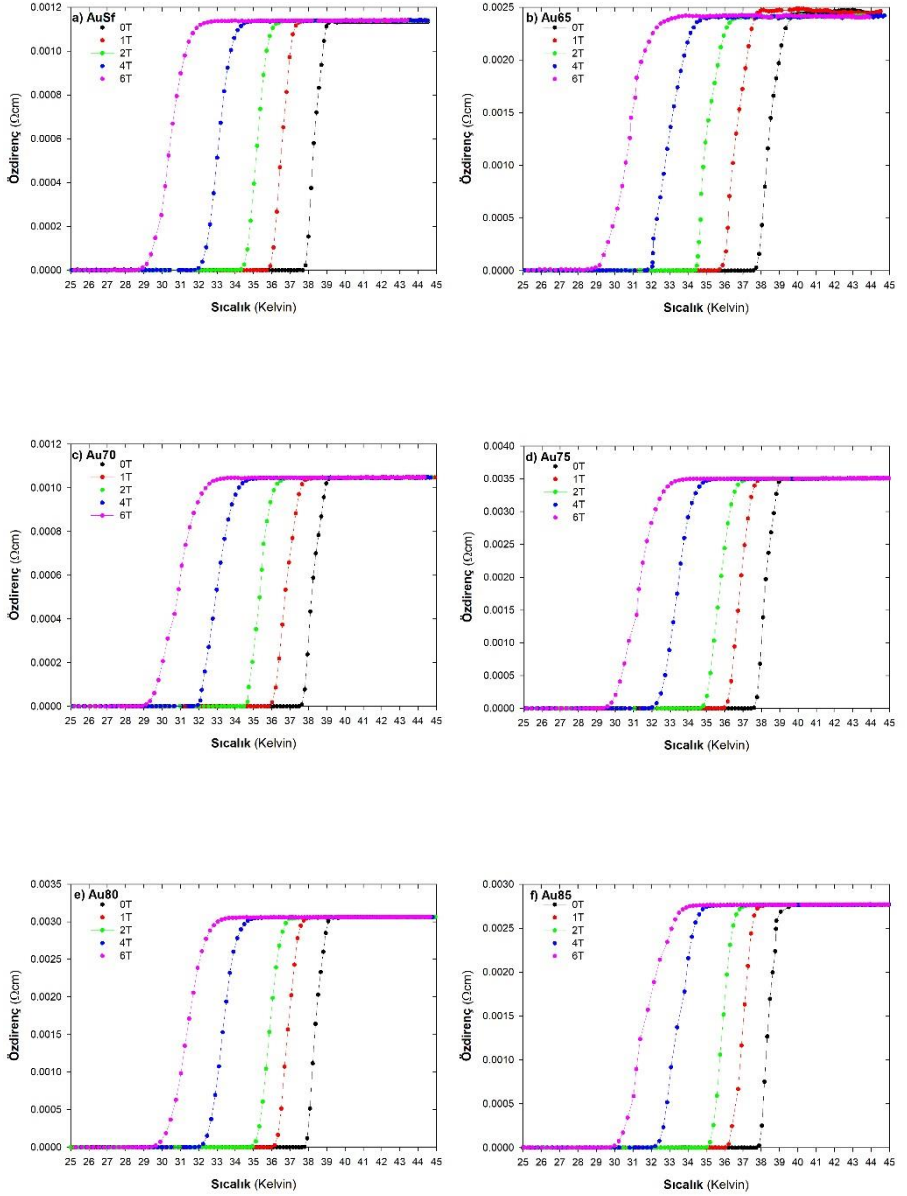
Au kaplamalı/kaplamasız ex-situ MgB₂ malzemelerinin elektriksel analizleri daha önceki çalışmamızda detaylıca verilmişti (Ulgen, 2017), bu çalışmamızda ise 1 saat ve 650–850°C sıcaklık aralığında

tavlama örnekler, 25 K'den 45 K'e kadar değişen sıcaklık aralığında ve 0 ile 6T uygulanan dış manyetik alan altında sıcaklığa karşı öz direnç değişimleri Şekil 1a-f'de verilmiştir. Tablo 1'de farklı dış manyetik alan altında saf ve Au kaplı örnekler için T_c^{offset} (K) ve T_c^{onset} (K) değerleri verilmiştir.

Tablo 1: Farklı Tavlama Sıcaklıklarında Hazırlanmış MgB_2 Süperiletken Malzemeleri için Farklı Dış Manyetik Alan Altında T_c^{offset} (K) ve T_c^{onset} (K) Değerleri.

Örnekler	T_c^{offset}				
	0T	1T	2T	4T	6T
AuSf	37.7	35.7	34.3	31.8	28.7
Au65	37.6	35.7	34.5	31.8	28.9
Au70	37.5	35.8	34.6	31.9	29.1
Au75	37.6	36.0	34.8	32.0	29.3
Au80	37.7	36.1	35.0	32.1	29.4
Au85	37.8	36.1	35.1	32.3	29.8

Örnekler	T_c^{onset}				
	0T	1T	2T	4T	6T
AuSf	39.1	37.5	36.2	34.5	32.8
Au65	39.5	37.6	36.4	34.6	33.2
Au70	39.0	37.8	36.5	34.7	33.3
Au75	39.1	37.9	36.7	34.9	33.5
Au80	39.4	38.0	36.7	35.0	33.7
Au85	39.6	38.1	36.9	35.1	33.9



Şekil 1: a) Au Kaplamasız (Saf) ve b-f) Au Kaplı MgB₂ Külçe Süperiletken Malzemesinin 0–6 T Dış Manyetik Alan Altında Özdirenç Karşı Sıcaklık Eğrileri.

Şekil 1 a-f’de tüm örnekler kritik sıcaklık (T_c) değerinden sonra metalik davranış sergilemiştir. Hem Şekil 1’den hem de Tablo 1’den görüleceği üzere dış manyetik alan artıldıkça örnekler için T_c^{offset} ve T_c^{onset} değerleri azalmasıyla birlikte sıfır manyetik alanda $\sim 50\mu\text{m}$ Au kaplaması malzemenin kritik geçiş sıcaklığına çok fazla etki etmemiştir. Fakat, uygulanan dış manyetik alan değeri 1T’den sonra örneklerin tavlama sıcaklıklarındaki artışla T_c^{offset} ve T_c^{onset} değerlerinde artış gözlenmiştir. Tablo 1’de en düşük T_c^{offset} değeri 28.7(K) ile 6T dış manyetik alan uygulanmış AuSf (Au kaplamasız) örneğine ait olmasına rağmen en yüksek değere sahip örnek, 37.8 (K) ile sıfır manyetik alan uygulanmış Au85 malzemesidir. Benzer şekilde en düşük T_c^{onset} değeri 28.7 (K) ile 6 T dış manyetik alan uygulanmış AuSf örneğine ait olmasına rağmen en yüksek değere sahip örnek Au85 malzemesidir.

Bu deneysel sonuçlara göre altın kaplamalı MgB_2 malzemesine uygulanan dış manyetik alan, malzemenin kritik sıcaklık değerlerine doğrudan etki etmektedir (Bumin ve ark. 2011). Altın kaplı MgB_2 külçe örneklere uygulanan farklı dış manyetik alan ile ΔT_c ($T_c^{\text{onset}} - T_c^{\text{offset}}$) değerindeki değişim, magnetoresistive (manyetik alan altında elektriksel dirençteki değişim) ölçümlerinde oldukça önemlidir. Yani uygulanan manyetik alanın etkisi, uygulanan manyetik alan kuvvetlerinin artmasıyla süperiletken fazın daha düşük sıcaklıklara doğru bozulması ve malzemenin normal durum fazı için büyük bir manyeto dirence sahip olmasıdır. Ayrıca, magnetoresistive özelliğe sahip malzemelerin üzerinden geçirilen akım doğrultusu, üretilmiş malzemenin boyuna olacak şekilde seçilir ve uygulanan dış manyetik

alan boyuna eksenle 0-90° aralığında açılarda uygulanabilir. Bununla birlikte dış manyetik alan malzemeye dik uygulanırsa malzemenin manyetik akı yoğunluğu değişmeyeceğinden dolayı elektriksel direncinde bir değişim olmayacaktır.

Tüm hazırlanan örneklerden elde ettiğimiz sonuçlara göre Au kaplı malzemelere ait kritik sıcaklık değerleri, tavlama sıcaklığındaki artışla sistematik olarak iyileştiğini, ancak uygulanan manyetik alanın artmasıyla önemli ölçüde baskılandığını göstermekte ve bu durum, çivileme/tuzaklama kuvvetindeki (pinning force) azalmayla ilişkili olduğu söylenebilir.

Teşekkürler

Bu çalışmaya maddi destek sağlayan 117F263 numaralı TÜBİTAK Projesine ve 2017.03.02.01 numaralı Bilimsel Araştırma Projesine (BAP) teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- Ağıl, H. Niyobyum İlavésinin (Bi, Pb)-2223 Bulk Süperiletken Sistemine Etkisi Üzerine Bir Araştırma. *Gümüřhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 1188-1194.
- Akdoğan, M., Yetiş, H., Gajda, D., Karaboğa, F., Ülgen, A. T., Demirtürk, E., & Belenli, İ. (2015). Effect of the initial filling density on the critical current of in-situ Fe/MgB₂ wires. *Journal of Alloys and Compounds*, 649, 1007-1010.
- Bumin, D., Yanmaz, E., Basoglu, M., & Gencer, A. (2011). Magnetic Characterization of SiC Doped Bulk MgB₂ Superconductor. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, 24(1-2), 211-215.
- Braccini, V., Nardelli, D., Penco, R., & Grasso, G. (2007). Development of ex situ processed MgB₂ wires and their applications to magnets. *Physica C: Superconductivity*, 456(1-2), 209-217.
- Erdem, O., Guner, S. B., Celik, S., & Kucukomeroglu, T. (2020). Superconducting and Levitation Force Characterisation of Pyrene Added MgB₂ Bulk Superconductors. *Cryogenics*, 103205.
- Fujii, H., & Kitaguchi, H. (2020). Reduced sintering temperature in ex situ processed MgB₂ tapes using filling powders with Sn addition. *Physica C: Superconductivity and its Applications*, 1353704.
- Guner, S. B., Zalaoglu, Y., Turgay, T., Ozyurt, O., Ülgen, A. T., Dogruer, M., & Yildirim, G. (2019). A detailed research for determination of Bi/Ga partial substitution effect in Bi-2212 superconducting matrix on crucial characteristic features. *Journal of Alloys and Compounds*, 772, 388-398.
- Haskul, M., Ülgen, A. T., & Döner, A. (2020). Fabrication and characterization of Ni modified TiO₂ electrode as anode material for direct methanol fuel cell. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(7), 4860-4874.
- Kasaei, L., Manichev, V., Li, M., Feldman, L. C., Gustafsson, T., Collantes, Y., & Chen, K. (2019). Normal-state and superconducting properties of Co-doped

- BaFe₂As₂ and MgB₂ thin films after focused helium ion beam irradiation. *Superconductor Science and Technology*, 32(9), 095009.
- Karaboğa, F., Ülgen, A. T., Yetiş, H., Akdoğan, M., Pakdil, M., & Belenli, I. (2018). Mechanical properties and uniformity of Fe-MgB₂ wires upon various wire drawing steps. *Materials Science and Engineering: A*, 721, 89-95.
- Nagamatsu, J., Nakagawa, N., Muranaka, T., Zenitani, Y., & Akimitsu, J. (2001). Superconductivity at 39 K in magnesium diboride. *nature*, 410(6824), 63-64.
- Popa, I., Rivas-Pardo, J. A., Eckels, E. C., Echelman, D. J., Badilla, C. L., Valle-Orero, J., & Fernández, J. M. (2016). A HaloTag anchored ruler for week-long studies of protein dynamics. *Journal of the American Chemical Society*, 138(33), 10546-10553.
- Tomsic, M., Rindfleisch, M., Yue, J., McFadden, K., Phillips, J., Sumption, M. D., ... & Collings, E. W. (2007). Overview of MgB₂ superconductor applications. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 4(3), 250-259.
- Turgay, T., Zalaoglu, Y., & Yildirim, G. (2019). Key mechanical Design Performance Features and Mechanical Characterization of Poly-crystallized Bi_{2.1}Sr_{2.0-x}Ti_xCa_{1.1}Cu_{2.0}O_y Superconducting Ceramic Cuprates. *Sakarya University Journal of Science*, 23(5), 831-839.
- Savaşkan, B., Koparan, E. T., Güner, S. B., Öztürk, K., & Çelik, Ş. (2019). Enhanced Magnetic Levitation and Guidance Force in MgB₂ Bulks by Synthetic Engine Oil Immersion. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, 32(4), 827-837.
- Yang, H., & Mohan, S. (2019). Superconductors In Electric Power Applications. *Advances in High Temperature Superconductors and their applications*, 185.
- Yanmaz, E., Castillo-Berrio, C., Alkan, Ü., Ülgen, A. T., Karaboğa, F., Osman, E. N. İ. S., ... & Saraçoğlu, İ. (2017). Bulk Mg_xB₂ superconductor production by excess Mg and hot press methods and their properties. *Bor Dergisi*, 2(1), 43-48.

- Ulgen, A. T. (2017). MgB₂ süperiletken külçe malzemesine altın kaplamasının etkileri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(3), 121-128.
- Ulgen, A. T., Karaboğa, F., & Belenli, İ. (2018). Bazı Geçiş Metallerinin Ex-Situ ve In-Situ MgB₂ Süperiletken Malzemede Difüzyon Etkisi. Tübitak Projesi Sonuç Raporu.
- Ulgen, A. T. (2019). Evaluation of Superconducting Properties and Diffusion Behavior of Ex Situ and In Situ Bulk MgB₂ Materials with Ni Coating. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, 32(8), 2383-2389.
- Ulgen, A. T., Erdem, U., Zalaoglu, Y., Turgay, T., & Yildirim, G. (2020). Effect of vanadium addition on fundamental electrical quantities of Bi-2223 crystal structure and semi-empirical model on structural disorders-defects. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 31(16), 13765-13777.
- Zalaoglu, Y., Turgay, T., Ulgen, A. T., Erdem, U., Turkoz, M. B., & Yildirim, G. (2020). A novel research on the subject of the load-independent microhardness performances of Sr/Ti partial displacement in Bi-2212 ceramics. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 1-13.

BÖLÜM 4

AI 5083 H116 ALAŞIMININ DELİNMESİ SÜRECİNDE OLUŞAN SES VE TİTREŞİMLERİN KESME PARAMETRELERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Öğr. Gör. Dr. Hüseyin GÖKÇE¹, Öğr. Gör. Çağatay ERSİN²

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Çankırı. E-posta: huseyingokce@karatekin.edu.tr, Orcid:0000-0002-2113-1611.

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Çankırı. E-posta: cagatayersin@karatekin.edu.tr, Orcid:0000-0001-5018-9313.

GİRİŞ

Alüminyum alaşımları genellikle düşük yoğunluk, yüksek dayanım, süneklik, tokluk ve yorulmaya karşı direncinden dolayı yapısal uygulamalarda, uzay ve havacılık sanayinde yaygın olarak kullanılan malzemedir (Güleryüz, 2011). Gelişen teknolojiyle birlikte endüstriyel alanda kullanımı hızla artan alüminyum, hafif olması ve birçok alaşımlarının da çok iyi mukavemete, elektrik ve ısı iletkenliğine sahip olması; bilgisayar, uçak ve otomobil endüstrisindeki kullanım payını büyük ölçüde artırmıştır. Ayrıca korozyona karşı direnci de sağlık sektörü için bu malzemeyi önemli hale getirmiştir (Çakır, vd, 2014). Alüminyumun işlenmesi sırasında gösterdiği davranışlar diğer malzemelere göre daha farklıdır. Bu malzemelerin sıvanma özelliği fazla olduğundan dolayı kesme işlemi sırasında kesici takımın üzerine yapışarak kesme kuvvetlerinde artışa sebep olmakta, bu da kesme işlemini olumsuz yönde etkilemektedir (Çakır, vd, 2012). Ayrıca alüminyumun bir diğer işlenebilirlik problemi talaşların kontrolündedir. Alüminyum ve bazı alüminyum alaşımlarının işlenmesi esnasında talaş sürekli, oldukça kalındır, güçlüdür ve kolay kırılmaz (Erdoğan, 2001). Isıl işlem yöntemleri ve/veya alaşım elementleri ilave edilmesi ile alüminyumun kimyasal ve mekanik özellikleri önemli ölçüde artırılabilir. Düşük yoğunluğuna rağmen yüksek mekanik özellikler sergileyen alüminyum alaşımları günümüzde havacılık, savunma ve tıp alanlarında bütünün en kritik parçalarının üretiminde yer almaktadır (Mills, Redford, 1983-Demir, 2012). Alüminyuma magnezyum ilavesi ile üretilen Al 5083 H116 alüminyum alaşımının yüksek şekillendirilebilme kabiliyeti, korozyon

direnci, kaynak edilebilirlik ve balistik özellikleri vardır (Önal, vd, 2005).

Delik delme işlemiyle diğer talaşlı imalat işlemleri arasında bir karşılaştırma yapıldığında, delik delme işleminin yaklaşık % 33'lük uygulanma oranı ile en önemli talaş kaldırma işlemlerinden biri olduğu söylenebilir (Tonshoff, vd, 1994). Talaşlı imalat işlemleri arasında delik delme işlemlerinin bu kadar önemli paya sahip olması, delik delme sürecinde karşılaşılan problemlerin çözümüyle ilgili yapılacak çalışmaların önemini de arttırmaktadır (Çakır, vd, 2014). İmalat sürecinde titreşim ve titreşimin bir fonksiyonu olan ses, büyük bir öneme sahiptir. Ses ve titreşim analizleri dinamik ve karmaşık bir süreç olan talaşlı üretimin anlaşılmasını kolaylaştırabilir (Şahinoğlu, 2017). Alüminyum ve alaşımlarının işlenebilirliği üzerine literatürde birçok çalışma mevcut olmakla beraber Al 5083 H116 alaşımı için yapılan yayınlar nispeten sınırlı kalmaktadır.

Şahinoğlu yaptığı çalışmada, AA7075 alüminyum alaşımını bir dizi tornalama deneylerine tabi tutmuş ve tornalama sürecinde oluşan ses şiddetlerini ve titreşim değerlerini analiz etmiştir. Yapılan çalışma sonucunda kesme hızı ve ilerleme miktarındaki artışla ses şiddetinin arttığı ifade edilmiştir. Titreşim frekansının ilerleme miktarına bağlı olarak azalırken, kesme hızındaki artışa bağlı olarak yükseldiğini belirtmiştir (Şahinoğlu, 2017). Kazuhiro, titreşim değerine bağlı olarak devir sayısını otomatik belirleyen bir CNC tezgâhı tasarlamıştır. Tasarladığı CNC tezgâh ile üretilen parçalardaki yüzey kalitesinin geleneksel tezgâhlara nispeten daha yüksek olduğunu ifade

etmiştir (Kazuhiro, 2011). Yamashita, ses şiddeti ile devir sayısının kontrol edilebildiği bir torna tezgahı ile yaptığı deneylerde zor işlenen malzemelerde yüksek yüzey kalitelerinin elde edilebildiğini ve kesme hızlarının önemli ölçüde arttırıldığını açıklamıştır (Yamashita, 2011). Nagasawa, frezeleme sürecinde meydana gelen ses şiddeti ve titreşimlerin takım ömrü ve işlenebilirlik üzerindeki etkilerini incelemiş ve süreç içerisinde devir sayısını otomatik olarak ayarlayan bir yazılım geliştirmiştir Geliştirilen yazılımın frezeleme esnasında titreşimlerin azalmasına katkı sağladığını ayrıca takım ömründe önemli ölçüde yükselişlerin görüldüğünü belirtmiştir (Nagasawa, 2011). Hamada, kesme parametrelerinin ses analizine bağlı olarak belirlenmesinin kesici takım ömrünü uzatmakla kalmadığını ayrıca operasyon için gerekli olan kesici takım sayısını da azalttığını ifade etmiştir (Hamada, 2011). Altıntaş aşınma ve ses şiddeti arasında kuvvetli bir bağ olduğunu belirtmiştir. Ses şiddetini iki ayrı bölgeye ayırarak birinci bölgede daha keskin (aşınmamış) kesici takımlarla kararlı ve stabil olduğunu açıklarken ikinci bölgede aşınan takımların ses şiddetinin ve frekansının arttığını (kararsız bölge) açıklamıştır (Altıntaş, 2012). Carolan vd. alüminyum ve çelik malzemeleri frezeleme deneylerine tabi tutmuşlardır. Elde ettikleri ses şiddeti değerleri ile takım aşınması değerleri arasında ilişkiyi analiz etmişler, aşınmanın artması ile ses şiddetinin ve frekans değerlerinin önemli ölçüde arttığını ifade etmişlerdir (Carolan vd, 2005). Rafezi vd. delme sürecinde matkapta meydana gelen aşınmayı tespit etmeye çalışmışlardır. Yaptıkları deneysel ve teorik çalışmalar sonucunda sürecin eş zamanlı olarak çalışabildiğini ve üretim maliyetlerini

azaltıldığını açıklamışlardır (Rafezi, vd, 2012). Zdenek vd. polyester esaslı kompozit malzemelerin işlenmesi esnasında aşınmamış kesici takım ile aşınan kesici takım arasında oluşan ses şiddetinin belirgin ölçüde farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca düşük ilerleme değerlerinin de frekansı artırarak ses şiddetini artırdığını da vurgulamışlardır (Zdenek, vd, 2013). Wayal vd. kesme kuvvetleri ve kesme süresince oluşan titreşimleri içeren matematiksel bir model geliştirmişler ve deneysel çalışmalar ile modeli karşılaştırmışlardır. Matematiksel model ile deneysel çalışma sonuçlarının tutarlı olduğunu belirtmişlerdir (Wayal, vd, 2015). Mousumi vd. çalışma ortamında olabilecek muhtemel ses düzeyinin çalışan sağlığı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Ses şiddetinin çalışan sağlığı üzerinde tehdit olabilecek bir faktör olduğunu ifade ederek önlenmesi ve/veya azaltılması gerekliliğini vurgulamışlardır (Mousumi, vd, 2017).

Bu çalışmada, literatürde nispeten ender karşılaşılan buna karşın önemli mekanik ve kimyasal özelliklerinden dolayı tercih edilen Al 5083 H116 alüminyum alaşımının kuru şartlarda delinmesi sürecinde meydana gelen ses ve titreşim değerleri incelenmiştir. Deneylerde 4 farklı matkap ucu (M), kesme hızı (V_c : 40 – 80 – 120 – 160 m/dak) ve ilerleme miktarı (f : 0,025 – 0,050 – 0,075 – 0,100 mm/dev) kullanılmıştır. Regresyon analizi ile matematiksel modeller geliştirilmiştir. Varyans analizi (ANOVA) ile delme değişkenlerinin belirlenen kalite karakteristikleri (ses şiddeti – SŞ ve titreşim değeri – TD) üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

1. MATERYAL VE METOT

1.1. Malzeme

Al 5083 H116 deney parçası, Ø60 mm çapında silindirik malzemeden 20 mm kalınlığında kesilerek elde edilmiştir. Daha sonra toplam kalınlık delik delme deney standartları (plaka kalınlığı \geq matkap çapı ($\text{Ø}6$) \times 3) için 18 mm kalınlığa düşürülerek tesviye işlemi yapılmıştır. İş parçasının kimyasal bileşimi ve bazı mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Al 5083 H116 Alaşımının Bazı Özellikleri (matweb, 2020)

Özellik	Birim	Al 5083 H116
Yoğunluk (20°C)	g/cm ³	2,66
Erime sıcaklığı	°C	590,6 - 638
Brinell sertlik değeri	HB	85
Akma gerilmesi	MPa	228
Çekme gerilmesi	Mpa	317
Elastikiyet modülü	GPa	71
Poisson oranı	-	0,33
Isı transfer katsayısı (20°C)	W/(mK)	117
Kimyasal bileşim	%	Al: 92,4-95,6
		Mg: 4,0-4,9
		Cr: 0,05-0,25

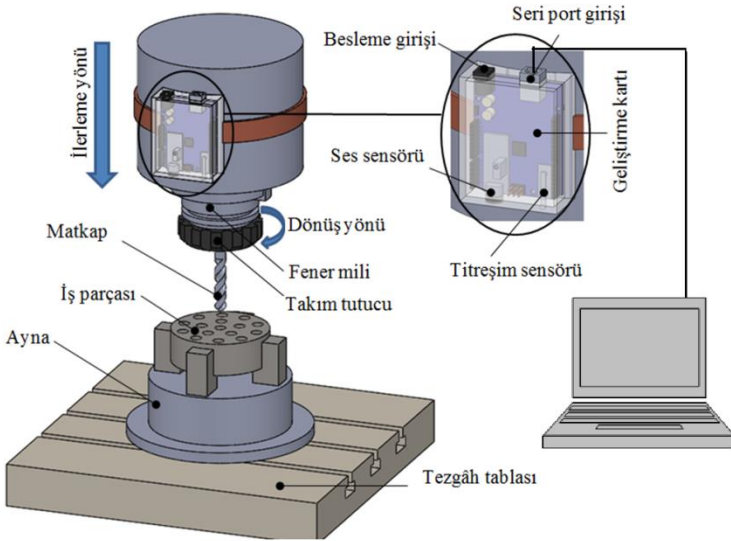
1.2. İşleme Deneyleri

Deneyler, L16 dikey dizisi yardımıyla tasarlanmış ve deneylerde kullanılan değişkenler (kontrol faktörleri) Tablo 2’de verilmiştir. İlgili malzeme için değişkenler ve seviyeleri kesici takım kataloglarında önerilen ve literatürde yer alan çalışmalar dikkate alınmıştır.

Tablo 2: Deneylerde Kullanılan Kontrol Faktörleri Ve Seviyeleri

Kontrol faktörleri	Vc	f	M
Birim	m/dak	mm/dev	-
Kod	A	B	C
Seviyeler	40	0,025	1
	80	0,050	2
	120	0,075	3
	160	0,100	4

Delme deneyleri, Arion IMM-600 CNC dik işleme merkezi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Silindirik olarak hazırlanan iş parçası tezgâha 4 ayaklı bir ayna ile bağlanarak boydan boya (18 mm) delikler delinmiştir. Şekil 2’de, kurulan deney düzeneğinin tasarımı gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 2: Deney Düzeneği

Kesici takım (matkap) seçiminde üretici firma tavsiyeleri ve daha önce yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır. Deneylerde kullanılan matkapların özellikleri Tablo 3’te verilmiştir. Karbür matkaplar takım tutucuya 50 mm taşma uzunluğunda ve pens yardımıyla bağlanmışlardır.

Tablo 3: Deneylerde Kullanılan Matkapların Özellikleri

Deney Kodu	1	2	3	4
Üretici Firma Kodu	Kennametal B105A06000 K10	Guhring SL-VHM	uop 50105.0600K MX	Toolex BE0600X2C28 AS6B066 MG10
Teknik Özellikler	β : 130° β_0 : 30° K: Kaplamasız L: 82 mm L ₁ : 44 mm z: 3	β : 130° β_0 : 30° K: Kaplamasız L: 66 mm L ₁ : 28 mm z: 3	β : 150° β_0 : 30° K: kaplamasız L: 66 mm L ₁ : 28 mm z: 3	β : 140° β_0 : 30° K: nACo L: 66 mm L ₁ : 28 mm z: 2
Uç açısı: β , Helis açısı: β_0 , Kaplama durumu: K, Tam boy: L, Delme boyu: L ₁ , Kesici ağız sayısı: z				

1.3. Ölçüm Cihazları

Delme deneyleri yapılırken SŞ ve TD’yi ölçmek için piezo titreşim sensörü ve ses sensörü kullanılmıştır. Sensörlerden alınan verilerin kontrol edilmesi ve seri port üzerinden okunması için son yıllarda

kullanımı giderek artan ATmega168 tabanlı arduino uno mikrodnetleyici geliştirme kartı kullanılmıştır. Titreşim ve ses sensörleri arduino uno geliştirme kartının analog pinine bağlanmıştır. Oluşturulan ölçüm cihazının beslemesi 5 volt adaptör ile sağlanmıştır. Ölçüm cihazı CNC dik işleme merkezi fener mili üzerine yerleştirilmiştir. Deney malzemesi delinirken cihaz üzerinde yerleştirilen sensörler ve sensörlerin analog pinine bağlı bulunduğu arduino uno mikrodnetleyici geliştirme kartı anlık SŞ ve TD'yi ölçmüştür. Ölçülen değerler seri port üzerinden seri monitör aracılığı ile okunmuştur. Yapılan bu ölçüm cihazı ile CNC dik işleme cihazının malzemeyi delerken oluşan SŞ ve TD tespit edilmiştir.

1.4. İstatistiksel Metotlar

Regresyon analizi, bağımlı değişkenlerin (kalite karakteristikleri) bağımsız değişkenlerle (kontrol faktörleri) ifade edilebilmesi sağlayan matematiksel bir model kurulabilmesine olanak verir (Başar, Kahraman, 2017). İstatistiksel hesaplamalar sonucunda elde edilen determinasyon katsayısı (R^2), matematiksel modelin doğrulu hakkında bilgi verir. Regresyon analizi oldukça yaygın kullanılan ve bilinen istatistiksel hesaplama yöntemlerindedir.

Taguchi metodu ile kontrol faktörlerinin kalite karakteristiği üzerindeki etkilerini belirleyebilmek için deneylerden elde edilen veriler istenilen sonuca uygun amaç fonksiyonu ile Sinyal/Gürültü (S/N) oranına dönüştürülür. S/N oranı, istenilmeyen rastgele gürültü değeri için istenilen sinyal oranı olarak tanımlanmakta olup, deneysel verilerin kalite karakteristiklerini gösterir (Aydemir, 2014). S/N

oranının hesaplanması için üç temel fonksiyon vardır. Bunlar “en küçük en iyi, en büyük en iyi ve hedef değer en iyi” amaç fonksiyonlarıdır. Her üç fonksiyon içinde amaç, S/N oranını maksimize etmektir (Çiftçi, Gökçe, 2019- Saat, 2000).

Bu çalışmada kontrol faktörlerinin uygun seviyelerini belirlemek için kalite karakteristiği değerlerinin en küçük olduğu durum belirlenmelidir (ses ve titreşim değerlerinin minimize edilmesi istenir). Bu amaçla S/N oranının hesaplanmasında Eşitlik 1’de verilen “en küçük en iyi” amaç fonksiyonu kullanılmıştır. Burada; Y_i : kalite karakteristiğinin ölçülen değeri (kalite değişkeni) ve n: toplam deney (gözlem) sayısıdır.

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right) \quad (1)$$

Kalite karakteristiği değerleri üzerinde kontrol faktörlerinin etkisini belirlemek için deney sonuçlarına %95 güven aralığında ANOVA analizi uygulanmıştır. Taguchi metodu, regresyon ve varyans analizlerinin yapılabilmesi için Minitab17 programından faydalanılmıştır.

2. BULGULAR VE TARTIŞMA

Al 5083 H116 deney malzemesinin 4 farklı karbür matkap, 4 farklı Vc ve 4 farklı f ile delinmesi sonucu elde edilen SŞ, TD sonuçları ile bunlara bağlı Eşitlik 1 ile hesaplanmış S/N oranları Tablo 4’te verilmiştir. Deneyler sonucunda en düşük SŞ 72 dB ve TD 2492 Hz, en yüksek SŞ 85 dB ve TD 3122 Hz olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara

bakıldığında kalite karakteristikleri üzerinde belirlenen kontrol faktörlerinin etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 4: Deneyler Sonucunda Ölçülen Ses Şiddeti, Titreşim Değerleri Ve S/N Oranları

Deney no	Vc	f	M	SŞ (dB)	TD (Hz)	SŞ S/N (dB)	TD S/N (dB)
1	40	0,025	1	72*	2492*	-37,1466	-67,9310
2	40	0,050	2	75	2618	-37,5012	-68,3594
3	40	0,075	3	75	2660	-37,5012	-68,4976
4	40	0,100	4	77	2744	-37,7298	-68,7677
5	80	0,025	2	78	2856	-37,8419	-69,1152
6	80	0,050	1	78	2856	-37,8419	-69,1152
7	80	0,075	4	79	2870	-37,9525	-69,1576
8	80	0,100	3	79	2898	-37,9525	-69,2420
9	120	0,025	3	79	2926	-37,9525	-69,3255
10	120	0,050	4	80	2940	-38,0618	-69,3669
11	120	0,075	1	80	3024	-38,0618	-69,6116
12	120	0,100	2	81	3038	-38,1697	-69,6518
13	160	0,025	4	81	3066	-38,1697	-69,7314
14	160	0,050	3	83	3094	-38,3816	-69,8104
15	160	0,075	2	85**	3094	-38,5884	-69,8104
16	160	0,100	1	85**	3122*	-38,5884	-69,8887
Ortalama				79	2894		
* En küçük değer, ** En büyük değer							

2.1. Regresyon Analizi

Eşitlik 2’de SŞ için Eşitlik 3’te ise TD için regresyon denklemleri verilmiştir. Tablo 5’te regresyon denklemlerine ait katsayılar tablosu ve determinasyon katsayıları verilmiştir. Bu tabloya göre P değerlerinin 0,05’ten küçük olması kontrol faktörünün istatistiksel olarak anlamlı olduğunun bir göstergesidir. Eşitlik 2 ve Eşitlik 3’teki regresyon denklemlerine göre en yüksek katsayı ilerleme miktarına

aittir. İlerleme miktarının artması talaş kesit alanını arttıracak ve kesme olayının gerçekleşebilmesi için daha yüksek kuvvetlere ihtiyaç duyulacaktır. Artan kuvvetler ses ve titreşim seviyelerinin artmasına neden olacaktır. (Gökçe, vd, 2018-Korkmaz, vd, 2019- Çaydaş, Çelik, 2017).

$$S\dot{S} = 69,6 + 0,0694 V_c + 39,0 f + 0,075 M \quad (2)$$

$$TD = 2399 + 3,77 V_c + 1526 f + 8,8 M \quad (3)$$

Tablo 5 incelendiğinde kontrol faktörlerinin (M hariç) istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilir ($P < 0,05$). R^2 ve düzeltilmiş R^2 (R^2 adj) değerleri incelendiğinde denklemlerinin; $S\dot{S}$ için %93,9 ve TD için %93,3 oranlarında deneyleri açıklayabildiğini ve kalite karakteristikleri ile kontrol faktörleri arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu söyleyebiliriz. R^2 ve R^2 (adj) oranlarının da birbirine oldukça yakın olması bu sonucu kanıtlar niteliktedir.

Tablo 5: Regresyon Denklemlerinin Katsayılar Tablosu

Tahmin unsuru	S \dot{S}				TD			
	Coef f	SE Coef	T	P	Coef	SE Coef	T	P
Katsayı	69,6 2	0,970	71,7	0,000	2399, 25	54,09	44,36	0,000
V _c	0,06 937 5	0,005 425	12,79	0,000	3,771 2	0,302 4	12,47	0,000
f	39,0 00	8,679	4,49	0,001	1526, 0	483,8	3,15	0,008

M	0,07 5	0,217	0,35	0,736	8,75	12,09	0,72	0,483
R-Sq (R ²)	%93,9			%93,3				
R-Sq(adj) (R ² adj)	%92,3			%91,6				
Coef: Değerlerin katsayıları, SE Coef: Katsayılardaki standart hata, T: Test istatistikleri, P: Regresyon analizinin anlamlı olup, olmadığı								

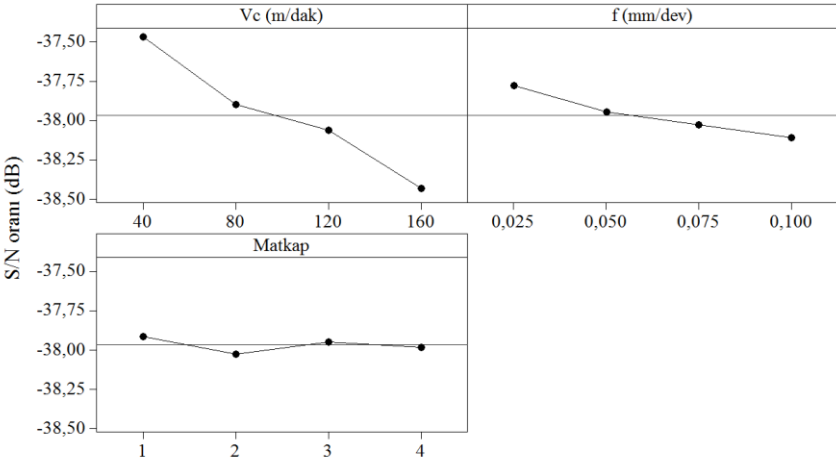
Ayrıca Tablo 6’da elde ettiğimiz çoklu doğrusal regresyon denkleminde ait varyans analizi verilmiştir. Burada da P değerleri 0,05’ten küçüktür (P=0,000), dolayısıyla istatistiksel olarak anlamlı bir regresyon denkleminiz vardır.

Tablo 6: Regresyon Denklemlerine Ait Varyans Analizi

SŞ					
Kaynak	DF	SS	MS	F	P
Regresyon	3	173,137	57,712	61,29	0,000
Ölçüm hatası	12	11,300	0,942		
Toplam	15	184,437			
TD					
Kaynak	DF	SS	MS	F	P
Regresyon	3	485754	161918	55,35	0,000
Ölçüm hatası	12	35104	2925		
Toplam	15	520858			

2.2. Taguchi Metodu ve Optimizasyon

Şekil 3'te SŞ S/N için ana etki grafikleri Şekil 4'te ise TD S/N için ana etki grafikleri verilmiştir. Bu grafikler kontrol faktörlerinin hangi seviyelerinin optimum sonucu vereceğini gösterir. Tablo 7 ise bu grafiklere ait sayısal veriler ve kontrol faktörlerinin önem sıralaması verilmiştir. İlgili tabloda kontrol faktörü içinde S/N oranlarının en yüksek ve en düşük değerleri arasındaki mutlak fark önem sıralamasını belirleyecektir. Buna göre; SŞ ve TD için kontrol faktörlerinin önem sırası sırasıyla V_c , f ve M 'dir.

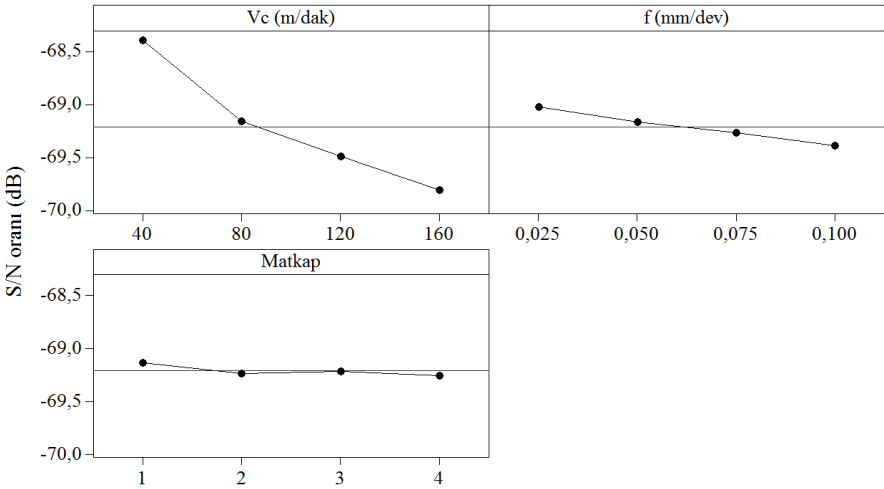


S/N: En küçük en iyi

Şekil 3: SŞ S/N Oranları İçin Ana Etki Grafikleri

SŞ ve TD üzerinde en önemli iki kontrol faktörü V_c ve f 'dir. Şekil 5'te V_c ve f değişiminin SŞ üzerindeki etkileşimi, Şekil 6'da ise V_c ve f değişiminin TD üzerindeki etkileşimi yüzey grafiği ile verilmiştir. Şekil 5 ve 6'da SŞ ve TD'nin V_c ve f değişimlerinden önemli ölçüde etkilendiğini, grafik üzerindeki dalgalanmaların ise diğer kontrol

faktörü olan M'den de etkilendiğini göstermektedir. Grafiklerde V_c ve f 'nin artan her değerinde SŞ ve TD'de de bir artış olduğunu görülmektedir. İlerleme miktarının artması ile talaş kesiti artacak ve delme için gereken güç ve dolayısıyla kesme kuvvetleri artacaktır. Artan kesme kuvveti ile de titreşim değerlerinde muhtemel bir artış kaçınılmazdır. İlerleme miktarının artması ile delme süresince matkap daha fazla elastik davranış göstererek sehimlere neden olarak titreşim değerlerinin artmasına neden olacaktır. Ayrıca artan hız değerleri ile tezgâhın yatakları ve rulmanlarında sürtünme artacak ve dolayısıyla ses şiddetinde de yükselişler olacaktır.

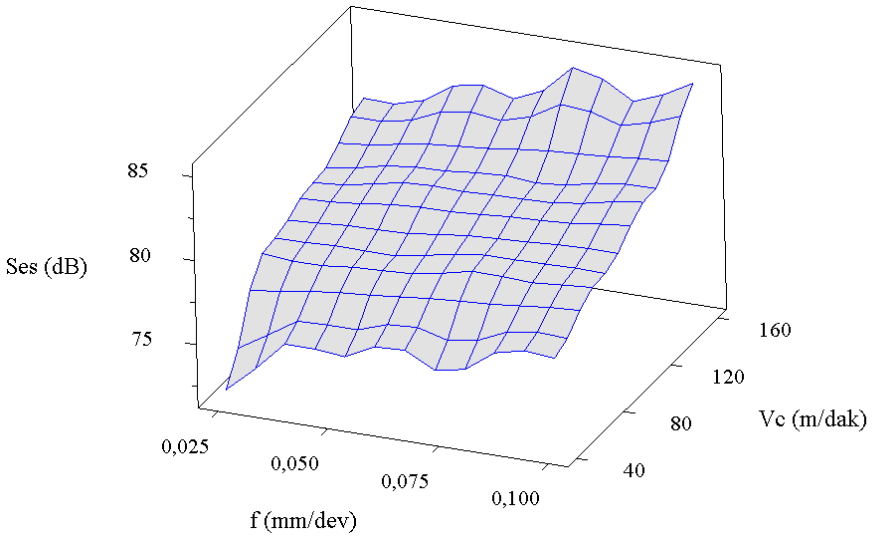


S/N: En küçük en iyi

Şekil 4: TD S/N Oranları İçin Ana Etki Grafikleri

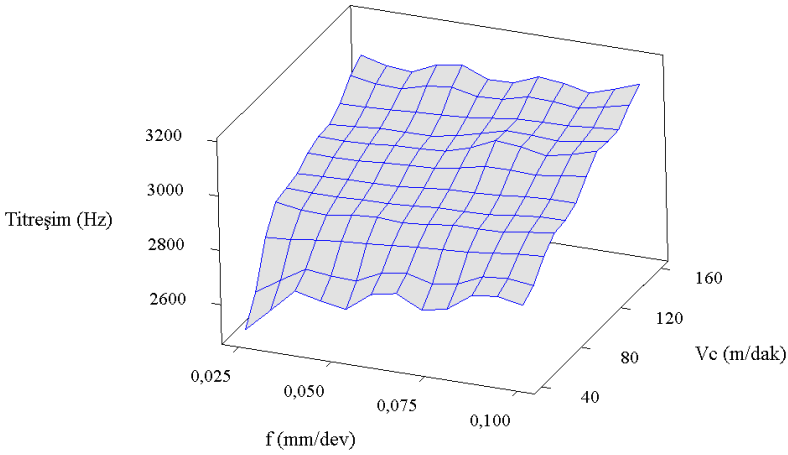
Tablo 7: SŞ Ve TD'nin S/N Oranları İçin Kontrol Faktörlerinin Önem Sırası

	Seviye	Vc (dB)	f (dB)	M (dB)
SŞ	1	-37,47	-37,78	-37,91
	2	-37,90	-37,95	-38,03
	3	-38,06	-38,03	-37,95
	4	-38,43	-38,11	-37,98
	Fark	0,96	0,33	0,12
	Sıra	1	2	3
TD	1	-68,39	-69,03	-69,14
	2	-69,16	-69,16	-69,23
	3	-69,49	-69,27	-69,22
	4	-69,81	-69,39	-69,26
	Fark	1,42	0,36	0,12
	Sıra	1	2	3



Şekil 5: SŞ Değerinin Vc – F Etkileşimi

SŞ ve TD'nin kontrol faktörlerinden etkilenme oranları varyans analizi ile belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 8'de verilmiştir. Tablo 8'de kontrol faktörlerinin P değerleri incelendiğinde SŞ üzerinde Vc ve f'nin, TD üzerinde ise Vc'nin istatistiksel açıdan etkili olduğu söylenebilir (P değeri < 0,05). Aynı tabloda F oranlarına bakılacak olursa F oranlarının ilgili F ($\alpha:0,05$) dağılımı tablo değerinden büyük oldukları görülmektedir (F oranları > 5,99). Elde edilen bu sonuçlar ve R² oranlarının yüksek değerleri (SŞ için %97,36 ve TD için %97,30) kalite karakteristikleri ile kontrol faktörleri arasında güçlü bir bağın olduğunun göstergesidir. Ayrıca Tablo 8'de SŞ ve TD'nin belirlenen kontrol faktörlerinden etkilenme oranları da verilmiştir. Buna göre, SŞ için Vc: %85,50 – f: %10,67 – M: %1,19 oranında, TD için ise Vc: %91,24 – f: %5,60 – M: %0,46 oranında etkilidir.



Şekil 6: TD'nin Vc – F Etkileşimi

Tablo 8: SŞ Ve TD'nin S/N Oranları İçin Varyans Analizi

	Kontrol faktörü	SD	KT	KO	F oranı	P değeri	% etki
SŞ	Vc	3	157,688	52,563	64,69	0,000	85,50*
	f	3	19,688	6,563	8,08	0,016	10,67
	M	3	2,188	0,729	0,90	0,495	1,19
	Artık hata	6	4,875	0,813			2,64
	Toplam	15	184,438				100,00
	R ²	% 97,36					
TD	Vc	3	475239	158413	67,47	0,000	91,24*
	f	3	29143	9714	4,14	0,066	5,60
	M	3	2389	796	0,34	0,798	0,46
	Artık hata	6	14087	2348			2,70
	Toplam	15	520858				100,00
	R ²	% 97,30					

* En yüksek katkı oranı, SD: Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, KO: Kareler ortalaması, F: Test istatistiği P: Anlamlılık düzeyi, % etki: Katkı oranı ve R²: Determinasyon katsayısı

Taguchi metodu sonuçlarına göre kalite karakteristikleri üzerinde kontrol faktörlerinin optimum seviyeleri belirlenmiştir. Buna göre SŞ ve TD açısından kontrol faktörlerinin optimum seviyeleri A1-B1-C1 (40 m/dak Vc, 0,025 mm/dev, 1 numaralı matkap) olarak bulunmuştur (Şekil 3 ve Şekil 4). Bundan sonraki aşamada yapılan optimizasyonun geçerliliğinin test edilmesi gerekmektedir. Bunun için kontrol faktörlerinin en uygun seviyelerinde doğrulama deneylerinin ve tahminsel hesaplamaların yapılması gerekmektedir. Yapılan doğrulama deneyi sonuçları, tahminsel hesaplamalar ve karşılaştırmaları Tablo 9'da verilmiştir.

SŞ'nin tahminsel değerinin (SŞ tah) hesaplanmasında Eşitlik 2 ve TD'nin tahminsel değerinin hesaplanmasında (TD tah) Eşitlik 3 kullanılmıştır. İlgili eşitliklerde SŞ ve TD'nin en düşük değerlerinin

elde edilebileceği kontrol faktörlerinin optimum seviyeleri kullanılmaktadır. Eşitlik 4’de $\overline{S\mathcal{S}}_{tah}$ deneyler sonucunda elde edilen SŞ değerlerinin aritmetik ortalaması, Eşitlik 5’te ise \overline{TD}_{tah} deneyler sonucunda elde edilen TD değerlerinin aritmetik ortalamasıdır.

$$\begin{aligned} S\mathcal{S}_{tah} = & \overline{S\mathcal{S}}_{tah} + (\overline{A}_1 - \overline{S\mathcal{S}}_{tah}) + (\overline{B}_1 - \overline{S\mathcal{S}}_{tah}) \\ & + (\overline{C}_1 - \overline{S\mathcal{S}}_{tah}) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} TD_{tah} = & \overline{TD}_{tah} + (\overline{A}_1 - \overline{TD}_{tah}) + (\overline{B}_1 - \overline{TD}_{tah}) \\ & + (\overline{C}_1 - \overline{TD}_{tah}) \end{aligned} \quad (5)$$

Optimum kontrol faktörlerinin seviyeleri ile yapılan doğrulama deneyi sonuçları Eşitlik 6 yardımıyla hesaplanan güven aralığı (CI) değeri dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

$$CI = \sqrt{F_{0,05,(1,f_e)} Ve (1/\eta_{eff} + 1/r)} \quad (6)$$

$$\eta_{eff} = N/1 + U_T \quad (7)$$

Eşitlik 6 ve Eşitlik 7’de yer alan; $F_{0,05,(1,f_e)}$: $F_{0.05}$ test tablosundan hata serbestlik derecesini, Ve : Hata varyansını, η_{eff} : gerçek tekrar sayısını, r : doğrulama deneyi tekrar sayısını, N : toplam deney sayısını ve U_T : kontrol faktörlerinin serbestlik dereceleri toplamını ifade etmektedir. Buna göre; SŞ için: $F_{0,05,(1,f_e)} = 5,99$ (F test tablosundan)

ve $V_e = 0,813$, TD için: $F_{0,05,(1,f_e)} = 5,99$ (F test tablosundan) ve $V_e = 2348$ (Çizelge 7) değerleri ilgili tablolardan elde edilmiştir.

Deney tekrar sayısının hesaplanması, toplam deney sayısı ve SŞ ve TD üzerinde anlamlı etkisi olan kontrol faktörlerinin serbestlik dereceleri toplamı Eşitlik 7'de yerine konulduğunda gerçek tekrar sayısı (Π_{eff}) 1,60 olarak hesaplanmış ve doğrulama deneyi tekrar sayısı (r) 2 olarak uygulanmıştır (hesaplamalarda iki deney sonucunun ortalamaları alınmıştır). İlgili değerler Eşitlik 6'da yerine konulduğunda SŞ için Güven Aralığı (CI) = $\pm 2,47$, TD için CI = $\pm 132,59$ olarak bulunmuştur.

Doğrulama deneyi sonucunda elde edilen SŞ değeri (SŞ den = 72,6 dB) belirlenmiş ve bu değere ait S/N oranı (SŞ S/N den = -37,2187 dB) Eşitlik 1 ile hesaplanmıştır. Ayrıca Eşitlik 4 ile hesaplanan tahminsel SŞ tah değeri (SŞ tah = 72,625 dB) ve bu değere ait S/N oranı (SŞ S/N tah = -37,2269 dB) Eşitlik 1 yardımıyla bulunmuştur. Aynı işlemler TD için tekrarlanacak olursa; TD den = 2506 Hz, TD S/N den = -67,9796 dB, TD tah = 2549,75 Hz ve TD S/N tah = -68,1285 dB olarak bulunur (Tablo 9).

Tablo 9: Doğrulama Deneyi Sonuçları, Tahminsel Hesaplamalar Ve Karşılaştırmaları

Kalite karakteristiği	Doğrulama deneyleri		Tahminsel hesaplamalar		Farklar	
	SŞ den (dB)	SŞ S/N den (dB)	SŞ tah (dB)	SŞ S/N tah (dB)	SŞ den – SŞ tah (dB)	SŞ S/N den – SŞ S/N tah (dB)
SŞ	72,6	-37,2187	72,625	-37,2269	0,025	0,0082
	TD den (Hz)	TD S/N den (dB)	TD tah (Hz)	TD S/N tah (dB)	TD den – TD tah (Hz)	TD S/N den – TD S/N tah (dB)
TD	2506	-67,9796	2549,75	-68,1285	43,75	0,1489

Bu sonuçlara göre: SŞ için SŞ S/N den (-37,2187 dB) ile SŞ S/N tah oranı (-37,2269 dB) arasındaki mutlak fark 0,0082 dB, TD için ise TD S/N den oranı (-67,9769 dB) ile TD S/N tah oranı (-68,1285 dB) arasındaki mutlak fark 0,1489 dB olarak bulunmuştur. Her iki kalite karakteristiği için de bu farkların Eşitlik 6 ile hesaplanan güven aralığı (CI) değerlerinden oldukça küçük olduğu görülmektedir ($0,0082 < 2,47$) ve ($0,1489 < 132,59$).

Elde edilen bu sonuçlara göre, Taguchi metoduyla karbür matkaplarla Al 5083 H116 alaşımının delinmesinde ses şiddeti ve titreşim değeri açısından 0,05 anlamlılık düzeyinde yapılan optimizasyonun uygun olduğu görülmüştür.

SONUÇLAR

Bu çalışmada Al 5083 H116 alüminyum alaşımının kuru şartlarda delinmesi sürecinde meydana gelen ses ve titreşim değerleri incelenmiştir. Deneyler için 4 farklı karbür matkap ucu, kesme hızı ve ilerleme miktarı kontrol faktörleri olarak belirlenmiştir. Taguchi L16 deney tasarımı kullanılarak yapılan deney sonuçlarına regresyon

analizi yapılarak matematiksel modelleri türetilmiştir. Varyans analizi ile de delme değişkenlerinin belirlenen kalite karakteristikleri üzerindeki etkileri belirlenmiş ve ayrıca Taguchi metodu ile optimizasyon gerçekleştirilmiştir

- Ses ve titreşim değerleri üzerinde etkili olan kontrol faktörlerinin önem sıralaması sırasıyla kesme hızı, ilerleme miktarı ve matkap çeşidi olmuştur.
- Kesme hızının ses şiddeti üzerinde %85,50 ve titreşim değeri üzerinde ise %91,24 oranlarında etkili olduğu hesaplanmıştır.
- Delme süresince artan hız değerleri ses ve titreşim değerleri üzerinde oldukça etkilidir. Artan hız değerleri yüksek ses ve titreşimlere neden olmaktadır.
- Optimum delme durumları düşük kesme hızı (40m/dak), düşük ilerleme miktarı (0,025 mm/dev) ve 1 numaralı matkap ile elde edilebileceği görülmüştür.
- Ses ve titreşim değerleri açısından 0,05 anlamlılık düzeyinde yapılan optimizasyonun uygun olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Altıntaş, Y., (2012). “Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and CNC design”, New York: Cambridge University Press.
- Aydemir, M.E., (2014). “Bazı optimizasyon yöntemlerinin yama anten problemlerindeki performansı”, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University. 29 (3), 579-588.
- Başar, G., Kahraman, F., (2017). “Delik işleme prosesinde kesme parametrelerinin Taguchi metodu ve regresyon analizi kullanılarak modellenmesi ve optimizasyonu”, 2nd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2017), 688-695.
- Carolan, T., Kidd, S., Hand, D., Wilcox, S., Wilkinson, P., Barton, J., Jones J., Reuben, R., (2005). “Acoustic emission monitoring of tool wear during the face milling of steels and aluminium alloys using a fi”, Proceeding of the Institution of Mechanical Engineers, 219, 803-810.
- Çakır, A., Bahtiyar, O., Şeker, U., (2014). “Farklı Soğutma Şartları ile Farklı Kesme Parametrelerinin AA7075 ve AA2024 Alüminyum Alaşımlarında Delik Delme İşlemlerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi”, 16. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, 30 Haziran – 03 Temmuz, İzmir, Türkiye.
- Çakır, A., Nalbant, M., Duran, A., Ulaş, H.B., (2012). “AA 7075 ve AA 6013 Alüminyum Malzemelere Delik Delme Operasyonu Sürecinde Kesme Parametrelerinin İncelenmesi”, 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, 04-05 Ekim, Ankara, Türkiye.
- Çaydaş, U., Çelik, M. (2017). “AA 7075-T6 alaşımının delinmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, takım sıcaklığı ve ilerleme kuvvetine etkilerinin araştırılması”, Journal of Polytechnic, 20 (2), 419-425.
- Çiftçi, İ., Gökçe, H., (2019). “Optimisation of cutting tool and cutting parameters in machining of molybdenum alloys through the Taguchi Method”, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 34 (1), 201-213.

- Demir, Z., (2012). "A7075-T651 Alüminyum Alaşımının ve St37 Çelik Malzemesinin Sürtünmeli Delme Yöntemi ile Delinmesinin Deneysel İncelenmesi" Doktora tez, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eylül.
- Erdoğan, M., "Demir Dışı Alaşımlar", Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri, Cilt1.
- Gökçe, H., Çiftçi, İ., Demir, H., (2018). "Cutting parameter optimization in shoulder milling of commercially pure molybdenum", Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 40, 360.
- Gülyüz, K., Kaçar, R., (2011) "Deformasyon Yaşlanması AA7075 Alüminyum Alaşımının Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi", 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May, Elazığ, Turkey.
- Hamada, H., (2011). Continuing to raise the bar by using the detection and control function for chattering, by reducing the number of tools used and machining processes and by cutting the tool costs, 8, 9-10.
<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=1efe7441a72f4a22a53c0dc1bd9c87ec>
- Kazuhiro, K., (2011). "Suppress Chatter "Harmonic Spindle Speed Control" Searches for the Optimum Cutting Conditions", 8, 1-2.
- Korkmaz, M.E., Çakıroğlu, R., Yaşar, N., Özmen, R., Günay, M. (2019). "Al2014 Alüminyum Alaşımının Delinmesinde itme Kuvvetinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi", El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 6 (1), 193-199.
- Mousumi, G., Darrel, S., Binny, V., and Sugandha, M., (2017). "Nois levels and sound pollution associated with various operative procedures and equipments in a pediatric dental environment - A Clinical Study", Journal of Oral Biology and Craniofacial Research, 293, 6-26.
- Mills, B., Redford., A.H., (1983). "Mechanibility of Engineering Metarials", NewYork, USA.

- Nagasawa, T., (2011). Experience the difference with the "Machining Navi" even on a face mill and quickly find the optimum conditions and significant extend the tool life, 8, 6.
- Önal, G., Ünüvar, A., Şimşek, T., (2005). "5083 Al-Mg Alaşımında Mekanik Özellikler Üzerine Korozyon Etkisinin Araştırılması", J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ., 20 (2), 191-196.
- Rafezi, H., Behzad, M., Akbari, J.(2012). "Time domain and frequency spectrum analysis of sound signal for drill wear detection", International Journal of Computer and Electrical Engineering, 4 (5), 722-725.
- Saat, M., (2000). "Kalite denetiminde Taguchi yaklaşımı", Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 3, 97-108.
- Şahinoğlu, A., (2017). "Kesme Parametrelerinin Ses Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması", Doktora tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Tonshoff, H.L., Spintig, W., Konig, W., Neises, A., (1994). "Machining of Holes Developments in Drilling Techonolgy", Annals of the CIRP, 43 (2), 551-560.
- Wayal, V., Ambhore, N., Chinchankar, S., Bhokse, V., (2015). "Investigation on Cutting Force and Vibration Signals in Turning: Mathematical Modeling Using Response Surface Methodology", Journal of Mechanical Engineering and Automation, 5, 64-68.
- Yamashita, Y., (2011). "Our best machinists produce prototypes from diverse materials eager to tackle the more complex and difficult jobs", 8, 3-4.
- Zdenek, F., Miroslav, P., Ales, J., (2013). "On the Analysis of the Sound Spectrum at Machining of the Glass - Polyester Composite Material", On the Analysis of the Sound Spectrum, 458-459.

BÖLÜM 5

RİSKİ ALAN İLAN EDİLEN BÖLGELERDE YER ALAN BİNALARDA DEPREM KAYNAKLI YAPISAL HASAR TAHMİNİ: DÖRTYOL ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Selim Serhan YILDIZ¹

¹ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Osmaniye, Türkiye, serhan@osmaniye.edu.tr. Orcid No:0000-0001-6221-7035

GİRİŞ

Doğal afetler meydana geldiği dönemlerde azımsanmayacak ölçüde can ve mal kaybına sebep olmuştur. Doğal afetlerin sebep oldukları hasar göz önünde bulundurularak bir değerlendirme yapıldığında deprem diğer afet türlerine nazaran önemli derecede bir hasar verici özelliğe sahiptir. Deprem yer kabuğu içerisinde meydana gelen tektonik ve volkanik faaliyetler sebebiyle yer kabuğunun kırılması sonucunda ortaya çıkan birikmiş enerjinin sismik dalgalar halinde geçtiği yüzeyleri ve yeryüzünü sarsma olayıdır (URL 1).

Hareket halinde bulunan levhaların birbiri üzerine uyguladığı kuvvet, yer kabuğundaki kayaçların direnç göstermesi yüzünden belirli bölgelerde enerji birikimine neden olur. Biriken bu enerjinin bir anda boşalması ile özellikle levhaların birleştiği bölgelerde deprem meydana gelmektedir.

Dünyada deprem açısından aktif halde olan alanlar kuşaklar boyunca uzanmakta ve çok sayıda ülkeyi kapsamaktadır. Sismik açıdan aktif olan bu ülkeler yeri ve zamanı belirli olmayan olası deprem tehditleri ile karşı karşıyadır. Dünyada bulunan aktif deprem kuşakları farklı sismik aktiviteler göstermektedir (Tabban, 1970).

Ülkeler sismik aktivite yönünden incelendiğinde, Türkiye'nin dünyada sismik açıdan en aktif ülkelerden birisi olduğu görülmektedir. Türkiye'de meydana gelen büyük depremlerin neden olduğu hasar sebebiyle, zarar azaltma ve hazırlıklı olma planlarının geliştirilmesine yönelik çalışmalar özellikle 1999 yılında gerçekleşen Kocaeli ve Düzce depremlerden sonra başlatılmıştır. Gerçekleşmesi

beklenen büyük İstanbul depreminin yol açtığı korku ve endişe, araştırmacıları İstanbul üzerine çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir (Karaman vd., 2008a). Ancak gerek uzak geçmişte gerekse son yıllarda Anadolu’da meydana gelen depremler Türkiye’de deprem tehlikesinin sadece İstanbul ve çevre şehirlerde olmadığını tekrar tekrar ortaya koymuştur.

Depreme karşı hazırlıklı olma ve zarar azaltma çalışmaları içerisinde deprem hasar tahmin çalışmaları önemli bir yere sahiptir. Bu kapsamda ilk çalışma “Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması” adı altında Japonya Uluslararası İş Birliği Ajansı (JICA) ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi iş birliği ile gerçekleştirilmiştir (JICA, 2002). Yine Amerikan Kızıllaç’ının bütçe desteği ve Türk Kızılayı’nın iş birliği ile Boğaziçi Üniversitesi tarafından İstanbul ili için bir deprem risk değerlendirme çalışması gerçekleştirilmiştir (BU-ARC, 2002). İstanbul için deprem hasar değerlendirmesi üzerine yapılan bu çalışmalar, kolayca yeniden modellenen ve farklı sonuçlar veren bir yazılım veya otomatik bir sistem geliştirmemiştir. Dolayısı ile bu çalışmaların gerçekleştirildiği alanlarda yeni bir senaryonun tanımlanması ve bu senaryo doğrultusunda yeni analizlerin hızlı bir şekilde yürütülerek sonuçlarının kolayca elde edilmesi çok mümkün görülmektedir.

Yeni deprem senaryoları ve yaklaşımlara göre modelleme ve analiz çalışmalarının hızlı ve kolay bir şekilde yürütülebilmesi için bir sismik kayıp değerlendirme sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaçlar

doğrultusunda jeolojik, sismolojik, jeoteknik, yapısal ve jeodezik yaklaşımların tek bir araçta yönetilebildiği HAZTURK isimli bir yazılım İstanbul Teknik Üniversitesi ve Orta-Amerika Deprem Merkezi iş birliği ile geliştirilmiştir. HAZTURK yazılımı sayesinde istenilen zamanda hızlı ve etkin bir şekilde bir deprem senaryosu tanımlanabilmektedir. Tanımlanan deprem senaryosundan yola çıkarak yukarıda bahsedilen zemin durumu, sıvılaşma durumu, topografik yapı ve azalım ilişkileri kullanılarak deprem tehlike haritaları üretilebilmektedir. Mevcut bina envanteri ve üretilen deprem tehlike haritaları kullanılarak yapısal hasar analizleri gerçekleştirilebilmektedir. Açık erişimli bir yazılım olan HAZTURK ile ilk olarak İstanbul ili Zeytinburnu ilçesinin deprem hasar tahmin çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Karaman vd, 2008b). Devamında Küçükçekmece ilçesi için deprem sonrası yangın fonksiyonu da eklenerek hasar tahmin sonuçları üretilmiştir (Yıldız ve Karaman, 2013). Son olarak 2016 yılında güncel İstanbul bina envanteri verisi kullanılarak bina yapısal hasar değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir (Konukcu vd., 2016).

Bu çalışma kapsamında Hatay ili Dörtyol İlçesi sınırlarında yer alan ve T.C. Dörtyol Belediyesi tarafından 2012 yılında riskli alan olarak belirlenen bölgede bulunan binaları deprem hasar tahminleri HAZTURK yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortaya konulmuştur.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

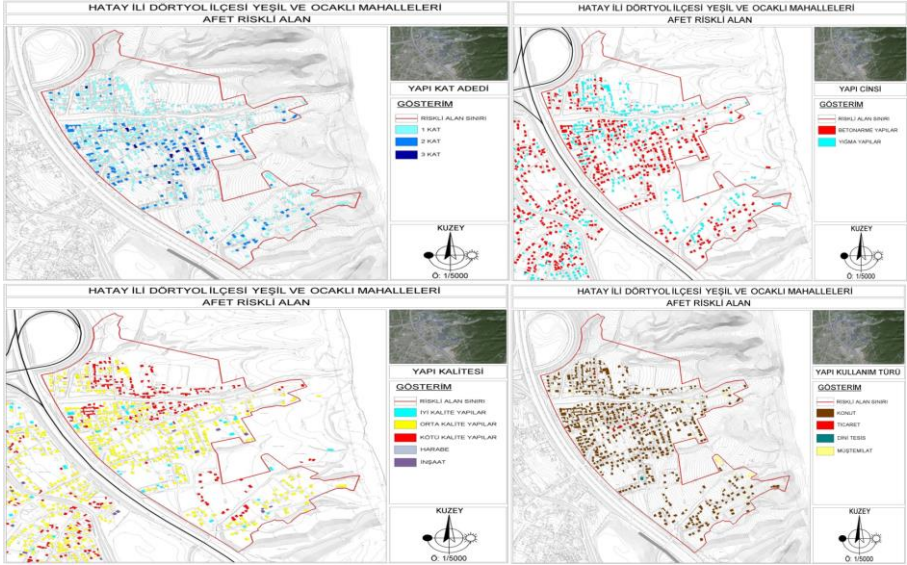
1.1. Çalışma Bölgesi

Dörtyol ilçesi Hatay ili sınırları içerisinde olup, komşu iller olan Adana, Osmaniye ve Kahramanmaraş gibi deprem tehlikesi altındadır. Çalışma alanını da içerisine alan bölgenin Afrika levhası, Arap Levhası ve Anadolu Levhası'nın kesişiminde konumlanmış olmasından dolayı sürekli olarak büyük bir deprem tehlikesi altında bulunmaktadır (Topkara vd., 2013). Bölgedeki aktif halde olan levha sınırları Arap ile Anadolu levha sınırını oluşturan, Türkiye'de bulunan en önemli ikinci fay sistemi olan Doğu Anadolu Fay Zonu, Anadolu ve Afrika bloğunu ayıran Kıbrıs Yayı, Arap ile Afrika levha sınırını ifade eden Ölü Deniz Fayı'dır (Yıldız ve Özkan, 2019).

Doğu Torosların uzantısı olan Nur Dağları ile Akdeniz'in İskenderun Körfezi arasında Kuzey-Güney doğrultusunda uzanan Dörtyol, tarih boyunca çok sayıda farklı medeniyete beşiklik yapan ve Milli Mücadele döneminde de stratejik açıdan büyük öneme sahip bir bölge olan Dörtyol, önemli ulaşım bağlantılarına sahip olduğu için bugün de tarih içindeki önemini korumaktadır. Kentin gelişmesiyle birlikte dışarıdan göçler başlamış, buna bağlı olarak konut ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Yükselen nüfusun barınma ihtiyacını karşılamak için inşa edilen niteliksiz konutlar altyapısı yetersiz, gerekli sosyo-kültürel donatıları barındırmayan, olası afet risklerine karşı hazırlıksız yerleşimler meydana getirmiştir. Çalışma bölgesi Yeşil ve Ocaklı Mahalleleri sınırları içinde olup Ceyhan – İskenderun otoyolunun doğusunda kalan yerleşmiş yapıları içermektedir.

1.2. Veri Temini ve Düzenlemesi

2012 yılında T.C. Dört Yol Belediyesi tarafından afet riskli alan ilan edilen bölgeye ait çalışma sınırları ve bu sınırlar içerisinde yer alan binalara ait farklı özellikler için oluşturulmuş haritalar ilgili belediyeden temin edilmiştir. Bu haritalar bina kat adedi, yapı tipi, yapı kullanım türü ve yapı kalitesini gösteren haritalardır (Şekil 1).



Şekil 1: Çalışma alanında bulunan binalara ait bina kat adedi, yapı tipi, yapı kullanım türü ve yapı kalitesini gösteren haritaları.

Çalışma alanı sınırları dahilinde 634 adet bina bulunmaktadır. Bu binaların 31 adedi iyi kalitede, 362 adedi orta kalitede, 232 adedi kötü kalitede olmakla birlikte 1 adet bina harabe ve 8 adet bina inşaat durumundadır. Yine bu binaların 459 adedi tek katlı, 159 adedi iki katlı ve 12 adedi üç katlı durumdadır. Binalar yapı kullanım türüne incelendiğinde 575 adet konut, 37 adet müstemilat, 18 adet ticari ve

bir adet de ibadet amaçlı kullanım olduğu gör÷lmektedir. Binalar yapı tipi yönünden incelendiğinde çalışma alanında 337 adet betonarme ve 297 adet yığıma bina bulunmaktadır.

T.C. Dörtüol Belediyesi'nden temin edilen veriler ile analize hazır hale getirilebilmesi için tarama şeklinde olan haritalar öncelikle sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırma işleminin ardından veriler coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamına aktarılmış ve temin edilen haritalarda bulunan öznitelik verileri her bir bina için ayrı ayrı girilerek veri tabanına işlenmiştir. Bu işlemlerde bir CBS yazılımı olan ArcGIS yazılımı tercih edilmiştir.

Çalışma alanında yer alan binaların yapısal hasar analizlerinin yapılabilmesi için Türkiye Deprem Tehlike Haritası yardımıyla bölgenin deprem tehlike haritası üretilmiştir. Akabinde düzenlenen bina verileri ve üretilen deprem tehlike haritası yerli ve açık erişimli bir deprem hasar tahmin yazılımı olan HAZTURK yazılımına aktarılmış ve burada yapısal hasar analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamaya ait detaylı bilgi üçüncü bölümde yer almaktadır.

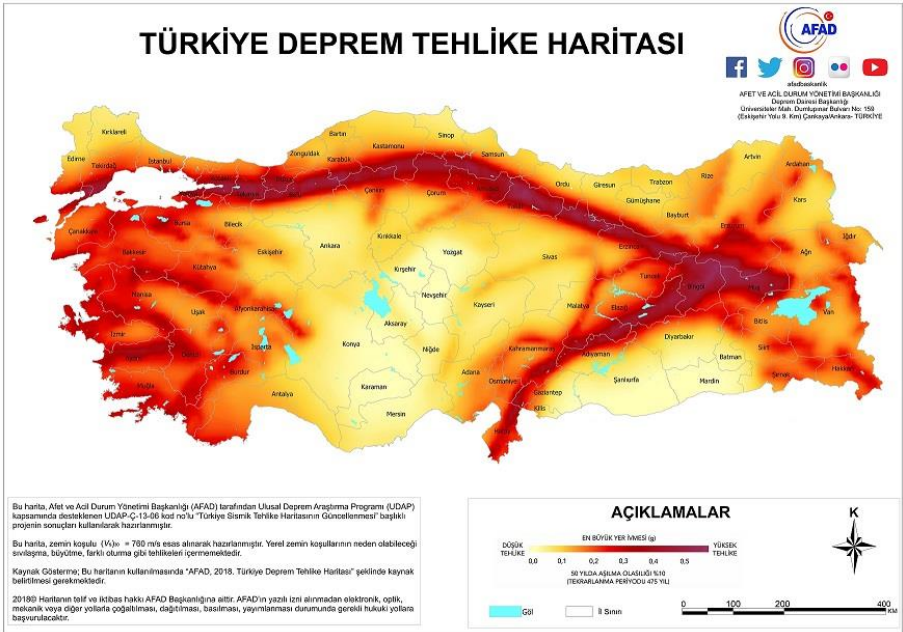
2. UYGULAMA

Çalışma alanında bulunan binalara dair yapısal hasar analizi yürütebilmek için deprem tehlike haritası üretilmiştir. Üretilen deprem tehlike haritası ve bina envanteri verileri HAZTURK yazılımına aktararak yapısal hasar analiz işlemi gerçekleştirilmiştir.

2.1. Çalışma Bölgesi İçin Deprem Tehlike Haritası Üretimi

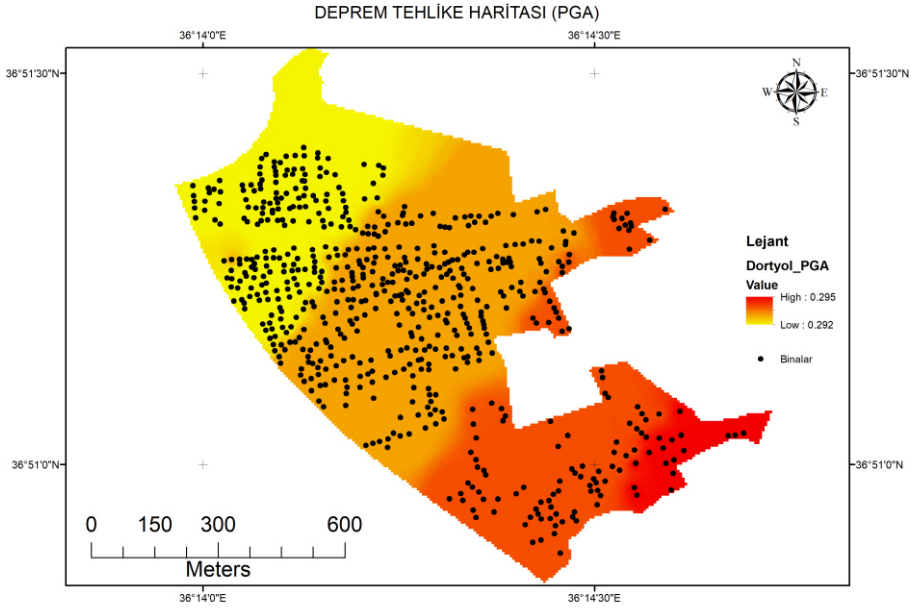
Binaların yapısal hasar analizinin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan deprem tehlike haritasını oluşturmak üzere çalışma alanında yer alan her bir binanın maruz kalabileceği en büyük yer ivmesi (PGA) değerleri Akkar vd. (2018)'de detayları açıklanmış olan, 18 Mart 2018 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanarak 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren ve Şekil 2'de gösterilen Türkiye Deprem Tehlike Haritası kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler yine CBS yazılımı ile her bir bina için veri tabanına işlenmiştir.

Binalara ait en büyük yer ivmesi değerleri kullanılarak IDW, krigging ve natural neighbour enterpolasyon yöntemleri uygulanmış ve deprem tehlike haritaları üretilmiştir.



Şekil 2: Türkiye Deprem Tehlike Haritası (URL 2)

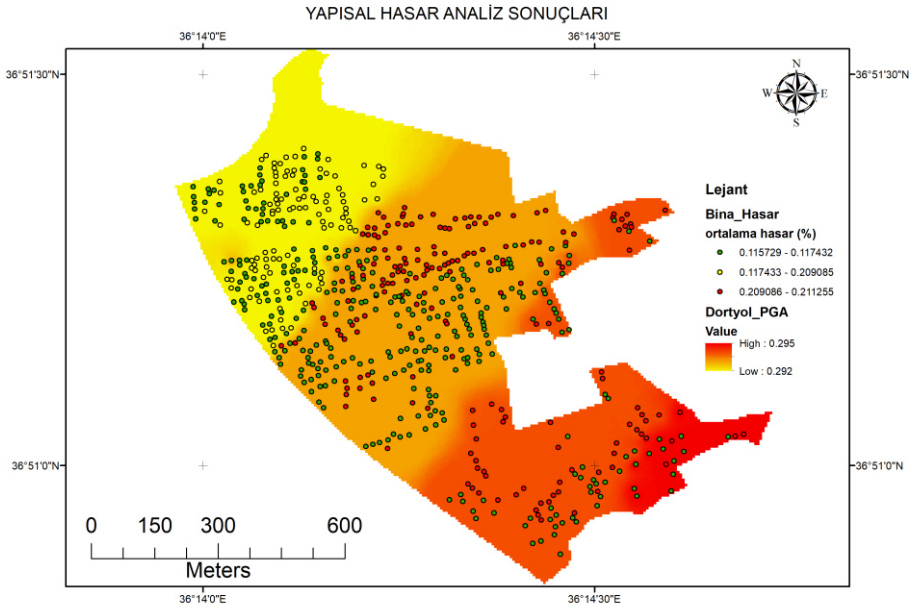
Enterpolasyon yöntemlerinden en uygun olanının belirlenmesi için binaların bulunduğu konumlardaki Türkiye Deprem Tehlike Haritası'ndan elde edilen hız değerleri gerçek değerler olarak kabul edilmiş ve enterpolasyon yöntemi ile elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda en uygun enterpolasyon yönteminin IDW olduğu belirlenmiş ve bu yöntem ile üretilmiş olan deprem tehlike haritası çalışmada kullanılmıştır (Şekil 3). Üretilen deprem tehlike haritası yapısal hasar analizinin gerçekleştirileceği HAZTURK yazılımında kullanılmak üzere ASCII formatına dönüştürülmüştür.



Şekil 3: Çalışma alanına ait deprem tehlike haritası

2.2. Yapısal Hasar Analizi

HAZTURK yazılımı ile yapısal hasar analizinin gerçekleştirilebilmesi için başlangıç olarak bir senaryo tanımlaması yapılmıştır. Ardından düzenlemesi tamamlanan bina verileri ve deprem tehlike haritası HAZTURK yazılımının eşleştirme ve aktarma fonksiyonu yardımıyla yazılımın veri havuzuna eklenmiştir. Verilerin aktarılmasından sonra çalışma alanında bulunan binaların yapısal hasar analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar üretilmiştir (Şekil 4). Çalışmada kullanılan referans elipsoidi World Geodetic System 1984 (WGS 84)'tür.



Şekil 4: Yapısal hasar analiz sonuçları

3. BULGULAR

Hatay ili Dörtyol ilçesi Yeşil ve Ocaklı mahalle sınırları içerisinde yer alan çalışma alanında bulunan 634 adet binanın yapısal hasar analizi yenilenen Türkiye Deprem Tehlike Haritası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Yapısal hasar analizi sonuçları

Yapı Tipi	Bina Sayısı	Az Hasar (%)	Orta Hasar (%)	Ağır Hasar (%)	Yıkılma (%)	Ortalama Hasar (%)
Betonarme	339	61.72	25.63	11.54	1.11	11.63
Yığma	295	46.91	28.40	16.82	7.87	20.97
Tüm binalar	634	54.31	27.02	14.18	4.49	16.30

Gerçekleştirilen analiz sonucunda 634 adet binaya ait sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, bu binalar içerisinde yıkılma olasılıkları en düşük % 1.09, en yüksek % 7.97 ve ortalama % 4.49 olarak belirlenmiştir. Ağır hasar alma olasılıkları en düşük % 11.48, en yüksek % 16.92 ve ortalama % 14.18 olarak belirlenmiştir. Orta hasar alma olasılıkları en düşük % 25.57, en yüksek % 28.45 ve ortalama % 27.02 olarak belirlenmiştir. Az hasar alma olasılıkları ise en düşük % 46.65, en yüksek % 61.85 ve ortalama % 54.31 olarak belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçları yapı tipine göre ele alındığında 339 adet olan betonarme binalarda ortalama hasar olasılığı % 11.63, ortalama yıkılma olasılığı % 1.11, ortalama ağır hasar alma olasılığı % 11.54,

orta hasar alma olasılığı % 25.63 ve ortalama az hasar alma olasılığı % 61.72'dir.

295 adet yığma binada ortalama hasar olasılığı 20.97 olarak belirlenmiştir. Ortalama yıkılma, ağır hasar alma, orta hasar alma ve az hasar alma olasılıkları ise sırasıyla % 7.87, % 16.82, % 28.40 ve % 46.91 olarak tespit edilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapısal hasar analizi sonucunda elde edilen değerler doğrultusunda tüm binaların ortak değerlendirmesi yapıldığında elde edilen hasar oranları bina sayıları ile ilişkilendirilecek olur ise yaklaşık 28 binanın yıkılma ve 90 binanın ağır hasar alma ihtimali olduğu anlaşılmaktadır. Betonarme ve yığma binalar kendi içerisinde değerlendirildiğinde betonarme binalardan yaklaşık 4 tanesinin yıkılma ve 39 tanesinin ise ağır hasar alma ihtimali olduğu görülmektedir. Yığma binalarda yaklaşık 23 adet binanın yıkılma ve 50 binanın ağır hasar alma ihtimali olduğu anlaşılmaktadır.

Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda çalışma bölgesinin riskli alan ilan edilmiş olmasının anlamlı ve yerinde bir karar olduğu görülmektedir. Ayrıca bu bölgenin ilerleyen zamanlarda kentsel dönüşüm planları içerisine dahil edilmesi ise ayrı bir önem taşımaktadır. Çalışmada bölgedeki zemin durumu, sıvılaşma durumu, topografik yapı göz önünde bulundurulmadan doğrudan Türkiye Deprem Tehlike Haritası'na bağlı olarak analizler gerçekleştirilmiştir. İlerleyen zamanlarda bu faktörlerle birlikte değerlendirme yapmak daha doğru sonuçlar ortaya koyacaktır. Ayrıca deprem tehlikesi

altında bulunan şehirlerimizin tamamında hasar belirlemeye yönelik çalışmaların gerçekleştirilmesi ve bu doğrultuda önlemlerin alınması hayati önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Akkar, S., Azak, T., Çan, T., Çeken, U., Demircioğlu Tümsa, M. B., Duman, T. Y., Erdik, M., Ergintav, S., Kadirioglu, F. T., Kalafat, D., Kale, Ö., Kartal, R. F., Kekovalı, K., Kılıç, T., Özalp, S., Altuncu Poyraz, S., Şeşetyan, K., Tekin, S., Yakut, A., Yılmaz, M. T., Yüccemen, M. S., Zülfikar, Ö. (2018). Evolution of seismic hazard maps in Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16, 3197–3228.
- Boğaziçi University, American Red Cross (BU-ARC) (2002). Earthquake Risk Assessment for Istanbul Metropolitan Area. Project Report.
- Elnashai, A. S., Hampton, S., Karaman, H., Lee, J. S., McLaren, T., Myers, J., Navarro, C., Şahin, M., Spencer, S., Tolbert, N. (2008). Overview and Applications of Maeviz-Hazturk 2007. *Journal of Earthquake Engineering*, 12, 100-108.
- Japonya Uluslararası İş Birliği Ajansı (JICA), İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) (2002). Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması. Son rapor.
- Karaman, H., Şahin, M., Elnashai, A. S., Pineda, O. (2008). Loss Assessment Study for the Zeytinburnu District of Istanbul Using Maeviz-Istanbul (HAZTURK). *Journal of Earthquake Engineering*, 12, 187-198.
- Karaman, H., Şahin, M., Elnashai, A. S. (2008). Earthquake Loss Assessment Features of Maeviz-Istanbul (Hazturk). *Journal of Earthquake Engineering*, 12, 175-186.
- Konukcu, B. E., Karaman, H., Şahin, M. (2016). Building damage analysis for the updated building dataset of Istanbul. *Natural Hazards*, 84, 1981–2007.
- Tabban, A. (1970). Türkiye'nin Sismisitesi ve Deprem Bölgeleri Haritasının Geliştirilmesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 13 (2), 36-48.
- Topkara, N., Yüccemen, M.S., Yılmaz, N., Deniz, A. (2013). Antakya ve Yakın Çevresi İçin Deprem Tehlikesinin Stokastik Yöntemler ile Tahmini. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, Hatay.
- URL 1. www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu

URL 2. <https://depem.afad.gov.tr/depem-tehlike-haritasi>

Yıldız, S. S., Karaman, H. (2013). Post-earthquake ignition vulnerability assessment of Küçükçekmece District. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 3357–3368.

Yıldız, S. S., Özkan, A. (2019). Kuzeydoğu Akdeniz Bölgesindeki Deprem Tehlikesinin Kestirilebilmesine Yönelik Fay Hareketlerinin İzlenmesi. Zeugma II. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi, 18-20 Ocak, Gaziantep.

BÖLÜM 6

FİLYOS VADİSİ PROJESİ EKOLOJİK UYGUNLUK ANALİZİ

Prof. Dr. H. Selma ÇELİKAY¹,
Arş. Gör. R. Gizem ÖZTAŞ KARLI²

¹ Bartın Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bartın, Türkiye. E posta adresi: scelikyay@bartin.edu.tr

² Bartın Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bartın, Türkiye. E posta adresi: roztas@bartin.edu.tr

GİRİŞ

Zonguldak İlinde bulunan ve arkeolojik ve ekolojik zenginliğin, biyolojik çeşitliliğin, sulak alanların, zengin flora ve fauna ile endemik türlerin oluşturduğu çok önemli bir ekosisteme sahip olan Filyos Vadisi, sanayi bölgesi ilan edilerek “Filyos Vadisi Projesi” kapsamına alınmıştır. Bu proje daha sonra hazırlanan ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından onaylanan 1/100000 ölçekli Zonguldak-Bartın-Karabük Çevre Düzeni Planı içinde de önemli bir “Bölgesel Çalışma Alanı” olarak yer almıştır (ÇŞB, 2019a). Ülkesel kalkınma hedefleri içerisinde bölgesel kalkınma hedefleri olarak da tanımlanmış sanayi tesisleri yapılanması Filyos Vadisi'nin ve hinterlandının yanı sıra, Zonguldak, Bartın ve Karabük illeri ile bu illerin hinterlandını da etkileyecek faaliyetleri kapsamaktadır. Dolayısıyla gerek bölgesel ölçekte bütüncül ve stratejik planlama, gerekse ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirlik açısından da proje kapsamında planlanan faaliyet alanlarının ekolojik yaklaşım ile irdelenmesi, ekolojik ve stratejik planlama ilkeleri çerçevesinde değerlendirilmesi gerekmektedir (Çelikyay ve Öztaş, 2019).

Yukarıda vurgulanan amaç çerçevesinde yapılmış olan bu çalışma, ekolojik planlama temeline dayanmaktadır. Bu çalışmada Filyos Vadisi Projesi hinterlandının ekolojik uygunluk analizi yapılarak alanda ekolojik değerlendirme ölçütleri ile potansiyel arazi kullanımları belirlenmiş ve öneriler sunulmuştur.

Çalışma giriş bölümünü takiben 4 bölümden oluşmaktadır. İkinci bölüm materyal ve metot bölümüdür. Bu bölümde çalışmanın ana materyalini oluşturan Filyos Vadisi Projesi (FVP) hakkında bilgiler yer almaktadır. Metot bölümünde ise ekolojik eşiklere göre uygunluk analizi detaylandırılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde Filyos Vadisi ve hinterlandının ekolojik analizi kapsamında, arazilerin doğal kaynak potansiyellerine ilişkin olarak yapılan irdelemeler ve ekolojik değerlendirmeler sonucu elde edilen bulgular yer almaktadır. Çalışmanın son bölümünde ise genel değerlendirme yapılarak Filyos Vadisi ve hinterlandına ilişkin planlama süreçleri için öneriler sunulmuştur.

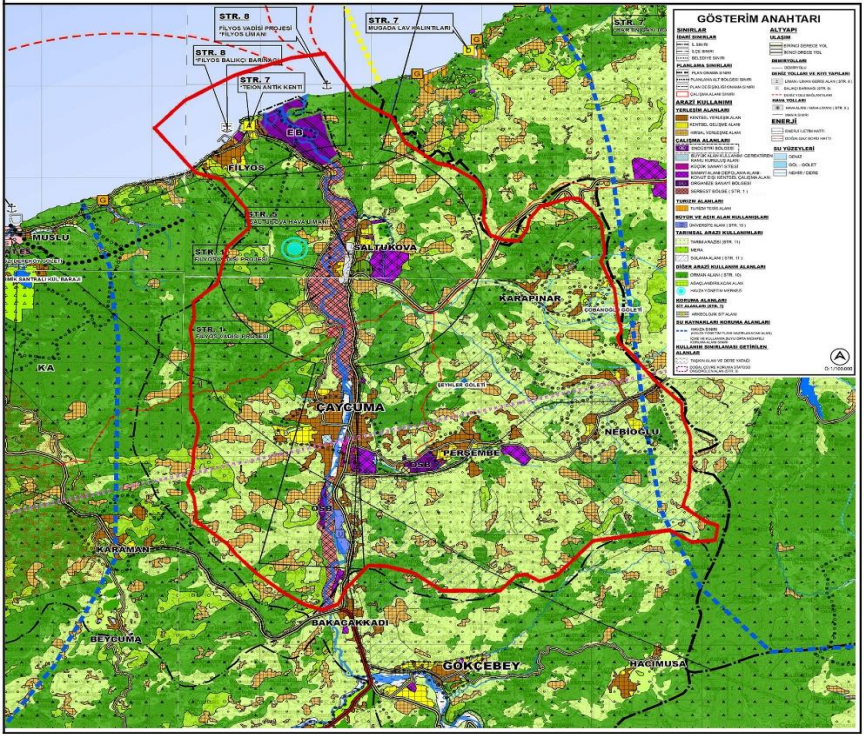
1. MATERYAL VE METOT

1.1. Materyal

Araştırma alanı, Filyos Vadisi Projesi alanı ve hinterlandını kapsamaktadır. Filyos Vadisi Projesi alanı Filyos Irmağı'nın Karadeniz'e döküldüğü deltada, Zonguldak ile Bartın arasındaki bir mevkie bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: Araştırma Alanının Türkiye ve Bölge İçerisindeki Konumu (Emlakgündemi.com.tr, 2019).



Şekil 2: ZBK Çevre Düzeni Planında Filyos Vadisi Projesi alanı ve Filyos Vadisi hinterlandı (ÇŞB. 2019a)

Filyos Vadisi Projesi; bünyesinde Filyos Serbest Bölgesi, Filyos Endüstri Bölgesi, Filyos Limanı Projesi ile birlikte diğer sanayi alanları, depolama alanları, konut dışı kentsel çalışma alanları ve çeşitli taşkın koruma yapılarını içeren (Şekil 2) entegre bir kalkınma projesidir (Çetinkaya, 2014). Batı Karadeniz kalkınma Ajansı'nın Filyos Vadisi Projesi dokümanında; projenin TR81 Düzey 2 Bölgesi (Zonguldak, Bartın, Karabük) ekonomisine katkı sağlayacağı ve bölgeyi önemli bir ticaret merkezi ve lojistik üssü haline getireceği ifade edilmektedir. Filyos Vadisi Projesi kapsamında yapılması düşünülen tesisler aşağıda verilmiştir:

Liman ve ön dolgu sahası, liman antrepo sahası, tersane, termik santral, çimento ve toprak sanayi, demir çelik tesisi, serbest bölge, endüstri bölgesi, organize sanayi bölgesi, lpg depolama tesisleri, petrokimya tesisi, petrol ve petrol ürünleri depolama, tesisi, ağaç ve orman ürünleri, refrakter tuğla sanayi, kömür-cevher stok alanı ve depolama tesisleri, kül atım sahası, triyaj hattı (Çetinkaya, 2014).

Halen yapımı devam eden Filyos Limanı ile Türkiye'nin en büyük çaplı limanlarından biri (Haydarpaşa Limanı'nın 5 katı büyüklüğünde) planlama bölgesine kazandırılacak olup, kalkınma için önemli bir ivme olacaktır (ÇŞB, 2019a). Filyos Vadisi Projesi kapsamındaki Filyos Endüstri Bölgesi sınırları; 18.10 2017 tarihli ve 30214 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 11.09.2017 tarihli ve 2017/10808 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile değiştirilen sınıra göre son şekli verilerek düzenlenmiştir (Şekil 2) (ÇŞB, 2019b).

1.2. Metot

Bu araştırmada, Filyos Vadisi Projesi hinterlandına ilişkin ekolojik analizler Çelikyay (2005)'in ekolojik eşik analizi yöntemine dayanmaktadır.

1.2.1. Ekolojik Eşiklere Göre Uygunluk Analizi

Filyos Vadisi Projesi (FVP) hinterlandının ekolojik analizine yönelik olan bu araştırmada; FVP de öngörülen sektörel endüstriyel yer seçimlerinin doğal kaynaklar açısından uygun olup olmadığının araştırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda öncelikle, uygunluk analizi ile Filyos Vadisi hinterlandında tarım, orman ve yerleşim alanı arazi

kullanımı açısından uygun olan potansiyel alanlar belirlenmiştir. Daha sonra, potansiyel tarım, orman ve yerleşim alanları ile FVP’de önerilen endüstri bölgesi yer seçimi kararları karşılaştırılmıştır.

Araştırma kapsamında değerlendirmeye alınan arazi kullanımları tarım, orman ve yerleşim alanı olmak üzere 3 ana grupta toplanmıştır. Bu üç ana grup için potansiyel taşıyan alanları oluşturmada belirleyici olan ve eşik oluşturan ekolojik faktörler ve bu faktörlere ilişkin alt faktörler belirlenmiştir. Ekolojik faktörler değerlendirme ölçütleri olarak, alt faktörler de alt değerlendirme ölçütleri olarak kullanılmıştır. İrdelenen arazi kullanımını belirlemedeki önem derecesine göre ölçütlerin ağırlıkları belirlenmiş ve ArcGis programı kullanılarak çakıştırma işlemi yapılmıştır.

Bu tekniğe göre baskın değer taşıyan alanların araştırılan arazi kullanımı için çok uygun olduğu ve yüksek potansiyel taşıdığı sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda tarım, orman ve yerleşim alanı için potansiyel arazi kullanım haritaları elde edilmiştir. Potansiyel arazi kullanım haritalarında potansiyel değeri düşük olan alanlar açık tonda, potansiyel değeri yüksek olan alanlar koyu tonda ifade edilmektedir.

1.2.2. Potansiyel Tarım Alanlarına İlişkin Ekolojik Faktörler

Potansiyel tarım alanlarının belirlenmesinde doğal potansiyelli değerlendirme ölçütleri olarak kullanılan ekolojik faktörler: Arazi kullanım yetenek sınıfları, eğim, erozyon, sınırlayıcı toprak özellikleridir. Tarım kullanımı için bir arazinin potansiyel değeri, o alana ilişkin arazi kullanım yetenek sınıfı potansiyel değeri, eğim

potansiyel değeri ve erozyon potansiyel değerlerinin toplamı olarak belirlenmiş, potansiyel değeri oluşturmada olumsuz faktör olan sınırlayıcı toprak özelliklerine ise (-) değer verilmiştir. Bu açılım matematiksel olarak aşağıdaki gibi formüllendirilmiştir (Çelikyay, 2005).

$$\text{TarımPD} = \text{AKYSPD} + \text{EğimPD} + \text{ErozyonPD} - \text{STÖPD}$$

AKYS = Arazi kullanım yetenek sınıfı

STÖ = Sınırlayıcı toprak özellikleri (taşlılık, kayalılık)

PD = Potansiyel değer

PV= Potential Value

Potansiyel tarım alanlarının belirlenmesinde değerlendirme ölçütleri olarak kullanılan ve yukarıda bahsedilen ekolojik faktörler ile tarım kullanımı için eşik oluşturan ekolojik alt faktörler ve bunlara ilişkin ölçüt ağırlıkları ile fonksiyon değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir (Çelikyay, 2005).

Tablo 1: Tarım Potansiyeli Olan Alanlara İlişkin Doğal Faktör Değerlendirme Ölçütleri

		SEÇENEK		TARIM													
Seçenek Öncelik Değeri		v		1													
Ölçütler		Arazi yetenek sınıfları				Eğim				Erozyon				Sınırlayıcı T.Ö.			
Ölçüt Ağırlığı		g		40				25				25				-10	
Alt Ölçütler		IV.sınıf	III.sınıf	II.sınıf	I.sınıf	% 12-20	% 6-12	% 2-6	% 0-2	Çok şiddetli	Şiddetli	Orta	Yok veya az	Taşlılık	Kıyalık		
Fonksiyon Değerleri (e)		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	5		
Ölçütlerin potansiyel değerleri PV=g.e.v		AKYS _{PD} =				Eğim _{PD} =				Erozyon _{PD} =				STÖ _{PD} =			
Σ PD=TPD		TARIM POTANSİYELİ DEĞERİ (TPD) = Σ PD															
SONUÇ		UYGUN DEĞİL				UYGUN				ÇOK UYGUN							

1.2.3. Potansiyel orman alanlarına ilişkin ekolojik faktörler

Orman alanlarının belirlenmesinde doğal potansiyeli değerlendirme ölçütleri olarak kullanılan ekolojik faktörler: Arazi kullanım yetenek sınıfları, eğim, erozyon, toprak derinliği. Potansiyel orman alanlarının belirlenmesinde değerlendirme ölçütleri olarak kullanılan ekolojik faktörler, orman kullanımı için eşik oluşturan ekolojik alt faktörler ve bunlara ilişkin ölçüt ağırlıkları ile fonksiyon değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Orman kullanımı için bir arazinin potansiyel değeri, o alana ilişkin arazi kullanım yetenek sınıfı potansiyel değeri, eğim potansiyel değeri, ve toprak derinliği potansiyel değerlerinin toplamı olarak belirlenmiş, bu açılım matematiksel olarak aşağıdaki gibi formüllendirilmiştir.

OrmanPD = AKYSPD + EğimPD + ErozyonPD + DerinlikPD
(Çelikyay, 2005)

AKYS = Arazi kullanım yetenek sınıfı

PD = Potansiyel değer

Potansiyel orman alanlarının belirlenmesinde değerlendirme ölçütleri olarak kullanılan ve yukarıda anlatılan ekolojik faktörler ile orman kullanımını için eşik oluşturan ekolojik alt faktörler ve bunlara ilişkin ölçüt ağırlıkları ile fonksiyon değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Orman Potansiyeli Olan Alanlara İlişkin Doğal Faktör Değerlendirme Ölçütleri

		SEÇENEK		ORMAN													
Seçenek Öncelik Değeri		v		1													
Ölçütler		Arazi yetenek sınıfları				Eğim				Erozyon				Toprak derinliği			
Ölçüt Ağırlığı		g				20				20				30			
Alt Ölçütler		IV.sınıf	V.sınıf	VI.sınıf	VII.sınıf	% 2-6	% 6-12	% 12-20	% 20+	Yok veya az	Orta	Şiddetli	Çok şiddetli	Çok sığ	Sığ	Orta derin	Derin
Fonksiyon Değerleri (e)		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Ölçütlerin potansiyel değerleri PV=g.e.v		AKYS _{PD} =				Eğim _{PD} =				Erozyon _{PD} =				Derinlik _{PD} =			
Σ PD=OrmanPD		ORMAN POTANSİYELİ DEĞERİ (OrmanPD) = Σ PD															
SONUÇ		UYGUN DEĞİL				UYGUN				ÇOK UYGUN							

1.2.4. Potansiyel yerleşim alanlarına ilişkin ekolojik faktörler

Yerleşim alanlarının belirlenmesinde doğal potansiyeli değerlendirme ölçütleri olarak kullanılan ekolojik faktörler: Arazi kullanım yetenek sınıfları, eğim, erozyon, bakı. yerleşim potansiyelinin değerlendirilmesinde, alana ilişkin arazi kullanım yetenek sınıfı potansiyel değeri, eğim potansiyel değeri, erozyon potansiyel değeri ve bakı potansiyel değerlerinin toplanması öngörülerek aşağıdaki formül oluşturulmuştur.

$$\text{YerleşimPD} = \text{AKYSPD} + \text{EğimPD} + \text{ErozyonPD} + \text{BakıPD}$$

(Çelikyay, 2005)

AKYS = Arazi kullanım yetenek sınıfı

PD = Potansiyel değer

Potansiyel yerleşim alanlarının belirlenmesinde değerlendirme ölçütleri olarak kullanılan ekolojik faktörler, yerleşim alanları için eşik oluşturan ekolojik alt faktörler ve bunlara ilişkin ölçüt ağırlıkları ile fonksiyon değerleri Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3: Yerleşim Alanı Potansiyeli Olan Alanlara İlişkin Doğal Faktör Değerlendirme Ölçütleri

	SEÇENEK				YERLEŞİM											
Seçenek Öncelik Değeri	v				1											
Ölçütler	Arazi yetenek sınıfları				Eğim				Erozyon				Bakı			
Ölçüt Ağırlığı	40				40				10				10			
Alt Ölçütler	VII.sınıf	VI.sınıf	V.sınıf	IV.sınıf	% 12-20	% 6-12	% 2-6	% 0-2	Çok şiddetli	Şiddetli	Orta	Yok veya az	N	NW,NE	W,E	SW,S,SE
Fonksiyon Değerleri (e)	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Ölçütlerin potansiyel değerleri PV=g.e.v	AKY _{SPD} =				Eğim _{PD} =				Erozyon _{PD} =				Bakı _{PD} =			
∑ PD=YPD	YERLEŞİM POTANSİYELİ DEĞERİ (YPD) =∑ PD															
SONUÇ	UYGUN DEĞİL				UYGUN				ÇOK UYGUN							

2. BULGULAR

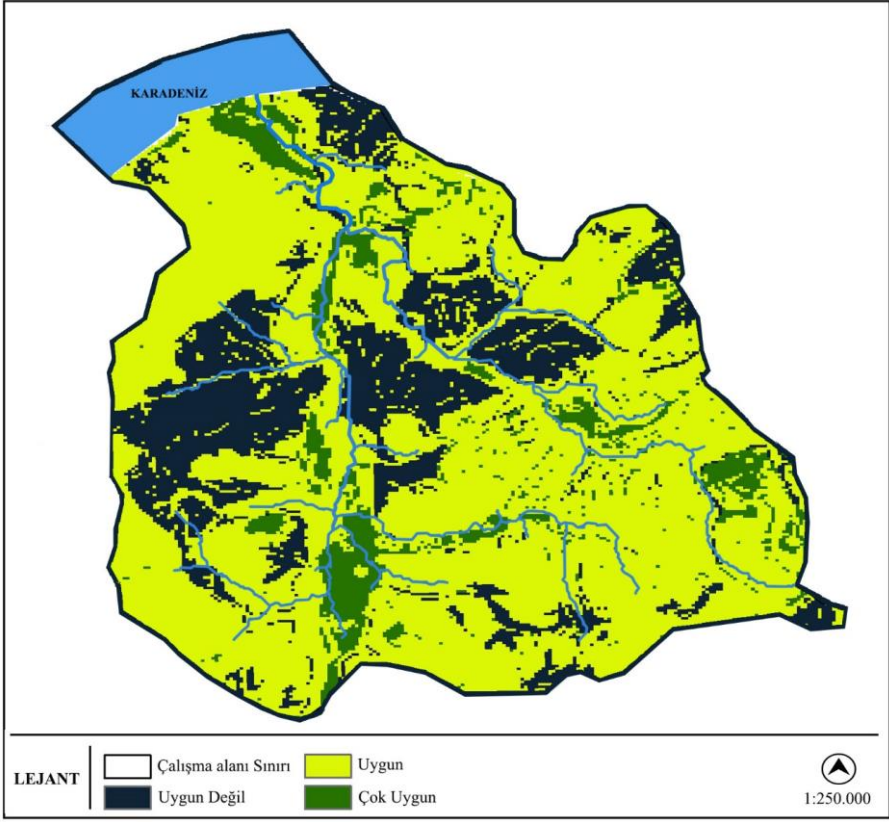
Filyos Vadisi ve hinterlandının ekolojik analizi kapsamında, arazilerin doğal kaynak potansiyellerine ilişkin olarak yapılan irdelemeler ve ekolojik değerlendirmeler sonucu elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir. Filyos Vadisi hinterlandında arazi potansiyellerinin araştırılması için yapılan uygunluk analizi kapsamında (Çelikyay ve Öztaş, 2018);

2.1. Filyos Vadisi Hinterlandında Potansiyel Tarım Alanları

Filyos Çayı boyunca yer alan Filyos Vadisi, tarımsal üretim potansiyeli açısından alüvyonlarla zenginleşen verimli topraklara

sahiptir. Arazi kullanım yetenek sınıfları, toprak özellikleri, eğim ve erozyon faktörlerinin tarım kullanımını belirlemede önem taşıyan alt faktörlerinin Tablo 1'e göre değerlendirilmesi ile yapılan ekolojik analizler sonucunda; Tarım potansiyeli taşıyan alanlar Harita 1'de "uygun" ifadesiyle, yüksek derecede tarım potansiyeli taşıyan alanlar ise "çok uygun" ifadesiyle belirtilmiştir. Filyos Vadisi hinterlandını kapsayan araştırma alanındaki arazilerin büyük bir kısmının tarım potansiyeli taşıdığı "uygun ve çok uygun alanlar" olarak Harita 1'de görülmektedir. Ancak, yüksek derecede tarım potansiyeli taşıyan alanlar Filyos Çayı ve kollarının etrafındaki alüvyal toprakların bulunduğu I. ve II. sınıf arazi kullanım yetenek sınıfına sahip olan arazilerdir.

Filyos Çayı ve kollarının etrafındaki düz ovalık alanları kapsayan I. ve II. sınıf arazi kullanım yetenek sınıfındaki, % 0-2 eğimli ve erozyonun olmadığı alüvyal topraklar, iklime uyabilen her türlü kültür bitkisinin yetiştirilmesine elverişli, tarım potansiyeli yüksek alanları oluşturmaktadır.



Harita 1: Filyos Vadisi ve Yakın Çevresindeki Potansiyel Tarım Alanları.

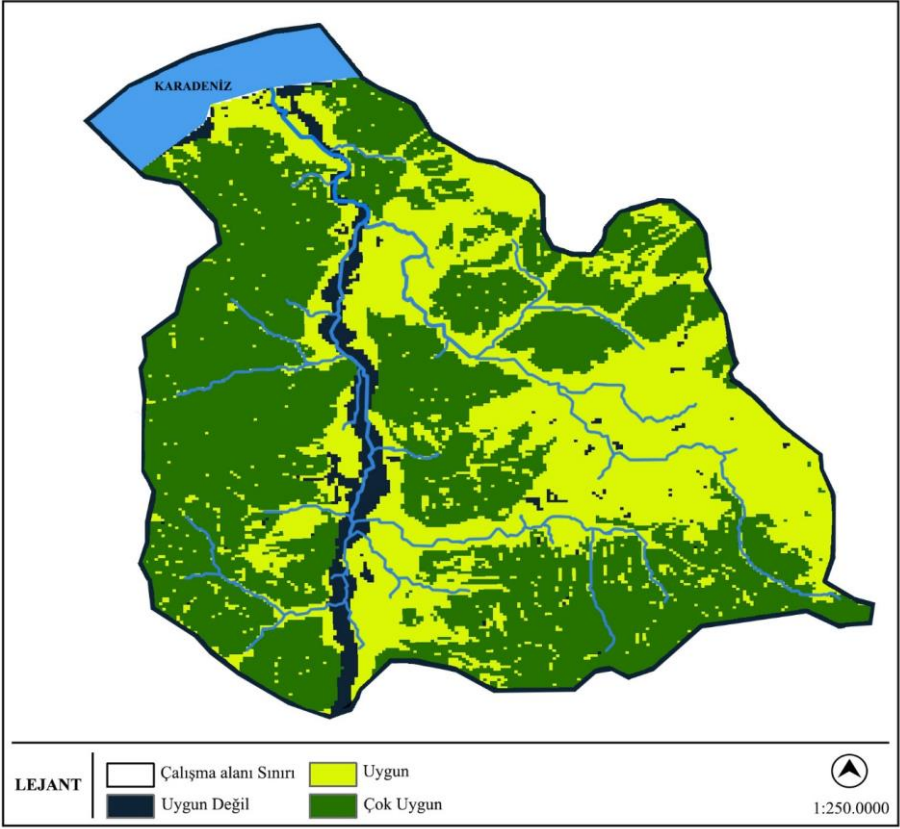
2.2. Filyos Vadisi Hinterlandında Potansiyel Orman Alanları

Potansiyel orman alanlarının belirlenmesinde değerlendirme ölçütleri olarak kullanılan ekolojik faktörler ile orman kullanımı için eşik oluşturan ekolojik alt faktörler ve bunlara ilişkin ölçüt ağırlıkları ile fonksiyon değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Arazi kullanım yetenek sınıfları, toprak özellikleri, eğim ve erozyon faktörlerinin orman kullanımını belirlemede önem taşıyan ve eşik oluşturan alt faktörlerinin Tablo 2’ye göre değerlendirilmesi ile

yapılan ekolojik analizler sonucunda; Orman potansiyeli taşıyan alanlar Harita 2’de “uygun” ifadesiyle, yüksek derecede orman yetişme ortamına sahip alanlar ise “çok uygun” ifadesiyle belirtilmiştir. Filyos Vadisi hinterlandını kapsayan araştırma alanındaki arazilerin büyük bir kısmının orman yetişme ortamına sahip olduğu “uygun ve çok uygun alanlar” olarak Harita 2’de görülmektedir. Ancak, yüksek derecede orman potansiyeli taşıyan alanlar toprak grupları açısından kahverengi orman toprakları ile kireçsiz kahverengi orman topraklarıdır.

Potansiyel orman alanlarının belirlenebilmesi için, arazi kullanım yetenek sınıfları, eğim, erozyon ve toprak derinliği faktörleri ile orman yetişme ortamı açısından ekolojik eşik oluşturan alt faktörlerin varlığı araştırılarak ekolojik eşik analizi yapılmıştır. Araştırma alanında VI. ve VII. sınıf arazi kullanım yetenek sınıfındaki, %12-20 ile %20-30 eğimli, orta ve şiddetli derecede erozyonu olan, orta derin ve derin topraklar orman yetişme ortamı açısından potansiyel taşımaktadır. Bu alanlar kahverengi orman ve kireçsiz kahverengi orman topraklarından oluşmaktadır.



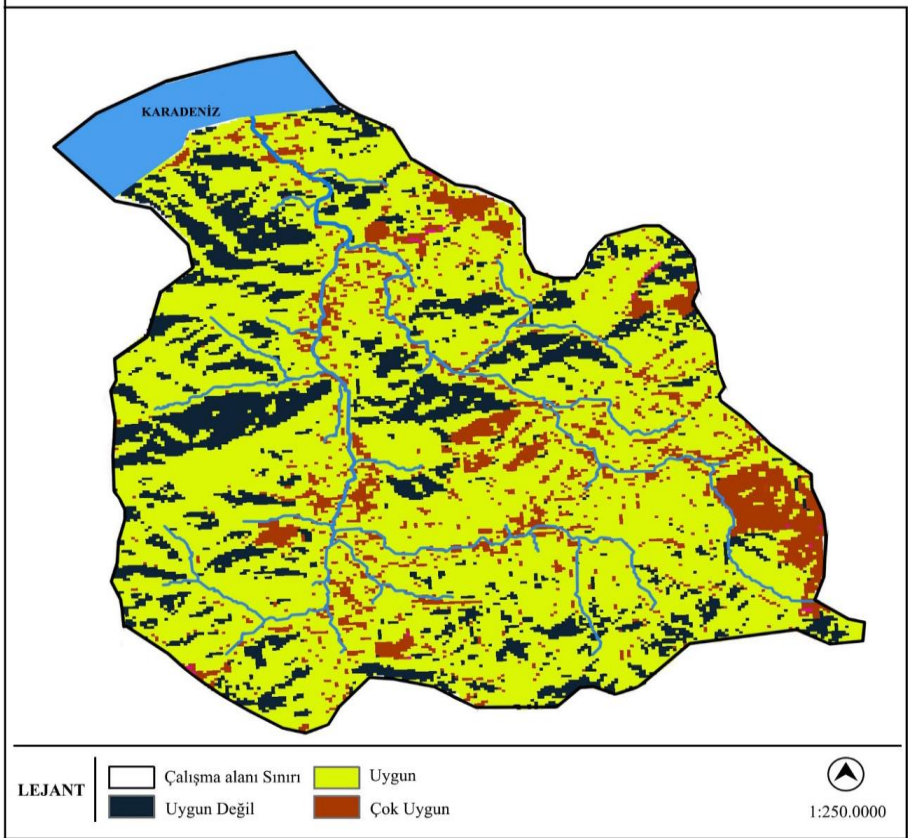
Harita 2: Filyos Vadisi ve Yakın Çevresindeki Potansiyel Orman Alanları.

2.3. Filyos Vadisi Hinterlandında Potansiyel Yerleşim Alanları

Yerleşim alanlarının belirlenmesinde doğal potansiyeli değerlendirme ölçütleri olarak kullanılan ekolojik faktörler: arazi kullanım yetenek sınıfları, eğim, erozyon ve bakıdır. Potansiyel yerleşim alanlarının belirlenmesinde değerlendirme ölçütleri olarak kullanılan ekolojik faktörler ile yerleşim için eşik oluşturan ekolojik alt faktörlerin Tablo 3'e göre değerlendirilmesi ile yapılan ekolojik analizler sonucunda; Yerleşim potansiyeli taşıyan alanlar Harita 3'de "uygun" ifadesiyle,

yerleşim için yüksek derecede uygun arazi özelliklerine sahip alanlar ise “çok uygun” ifadesiyle belirtilmiştir.

Filyos Vadisi hinterlandında yerleşim için “çok uygun” olan arazilerin IV.sınıf arazi kullanım yetenek sınıfına sahip olduğu, eğim açısından ise % 0-6 aralığındaki arazilerden oluştuğu görülmektedir. Filyos Vadisi hinterlandında yerleşim için çok uygun olan alanlar IV.sınıf arazi kullanım kabiliyetine sahip, eğim açısından %0-6 aralığındaki arazilerden oluşmaktadır.



Harita 3: Filyos Vadisi ve Yakın Çevresindeki Potansiyel Yerleşim Alanları.

SONUÇ

Filyos Vadisi projesi kapsamında planlanan Endüstri Bölgesi'nin ekolojik etkilerinin ve arazi kullanımında ekolojik boyutun göz ardı edilmesi, bölgenin ekonomik gelişme sürecinde olası olumsuz etkiler yaratacaktır. "Filyos Vadisi Projesi'ne TEMA Vakfı Bakış Açısı ve Hukuksal Çerçeve" başlıklı TEMA Vakfı bildirisinde de vurgulandığı gibi; Filyos Vadisi, sadece ulusal mevzuat değil, Türkiye'nin taraf olduğu birçok uluslararası sözleşmeler gereğince de korunması gereken bir alandır (Gökmen ve Mutlu, 2017). Temel haklar kapsamında olan birçok uluslararası sözleşmelere Türkiye'nin de uyma yükümlülüğü bulunmaktadır.

Doğal kaynakları koruyarak tüketmeden kullanmak, sürdürülebilir kalkınmanın başlıca koşullarından biri olduğuna göre, kentsel ve kırsal çevre korumayı ve geliştirmeyi sağlamak üzere, bölge, havza ve yerel alan planlama süreçlerinin ekolojik temele yönlendirilmesi gerekmektedir (Çelikyay, 2005). Doğal çevreyi koruma özellikleri ülkenin makro mekânından başlatılarak bölgeye ve giderek yerel alanlara kadar tanımlanmalıdır. Bölgesel, yerel ve sektörel planlama süreçlerine çevresel değerlendirmelerin öncelikli olarak katılması, yeni bir fiziksel planlama çatısının oluşturulması gerekmektedir. Bölgesel ölçekte ekonomik kalkınma için önemli bir kaynak olan Filyos Endüstri Bölgesi'nde planlanan tesislerin faaliyetleri ile giderek artan biçimde bozulma olasılığı olan çevre kalitesinin iyileştirilmesi, kent ekolojisini temel alan planlamalar ve özellikle bunların uygulanması ile sağlanabilir. Sürdürülebilir çevre korumanın ve

sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için ülkesel ve bölgesel ölçekte olduğu gibi yerel ölçekte de ekolojik planlama yaklaşım ve yöntemlerini içeren çevre duyarlı planlama çalışmaları önem taşımaktadır (Çelikyay, 2005). Ekolojik planlama, gelecek kuşakların yaşam olanaklarını yok etmeden sağlıklı bir çevrenin oluşması ve sürdürülebilirliğini sağlayacak stratejik bir araçtır. “Bölgedeki yatırım potansiyeli göz önünde bulundurularak yapılan çalışmalar sonucunda Filyos Vadisi Projesi kapsamında 50.000 kişinin istihdam edileceği, bu kişilerin aileleri ile birlikte bölgeye yerleşeceği, Filyos Beldesinin de proje bölgesine yakın ilk yerleşim birimi olması ve yatırım projelerinde merkez konumda bulunduğu göz önünde bulundurulduğunda Filyos beldesinde de yer seçecek kişi sayısının artarak 2025 yılında 17.000 kişi, 2030 yılında da 22000 kişi olacağı” ZBK Çevre Düzeni Planı Plan Değişikliği Gerekçe Raporu’nda ifade edilmektedir (ÇŞB, 2019c). Dolayısıyla Filyos Vadisi hinterlandında en azından 50000 ailenin konut talebi olacağı, bu nedenle de endüstri bölgesi ve sanayi amaçlı tesis yapılmaları dışında yoğun bir ikamet alanı gereksiniminin ortaya çıkacağı kuşkusuzdur. Filyos Vadisi Projesi’nin planlandığı kapsamda hayata geçmesi ile birlikte hızlı nüfus artışının yaşanacağı bölgede, şimdiden olası istihdam alanlarının yakınından başlayarak planlı bir şekilde konut yerleşim alanlarının planlanması çok önem taşımaktadır.

Bu bağlamda, Filyos Vadisi ve hinterlandına ilişkin planlama süreçlerinde;

- Öncelikle doğal kaynak envanteri hazırlanarak, bölge, havza ve yerel alan planlama çalışmaları yapılmalı, bu çalışmaların tüm aşamaları ekolojik temele dayandırılmalıdır.
- Stratejik çevresel değerlendirmeler yapılmalıdır.
- Filyos Vadisi Projesi kapsamında planlanmış olan sanayi bölgelerini ve etkileşim alanlarını da kapsayan bir ekolojik master plan hazırlanmalıdır. Bu araştırmada yapılan ekolojik analizlere göre oluşturulan potansiyel alan kullanım haritaları söz konusu ekolojik master plana rehber olması amacıyla üretilmiştir.
- Filyos Vadisi ve hinterlandına ilişkin sosyo-ekonomik büyüme ve gelişme stratejileri, ekolojik master plana göre belirlenmelidir.
- Alt ölçekli planlar (nazım imar planı ve uygulama imar planı) ekolojik master plana uyularak hazırlanmalı, doğal potansiyele uygun arazi kullanımları belirlenerek, ekonomik gelişmeye dayalı alan kullanım kararları ekolojik yaklaşım ile alınmalıdır.
- Filyos Çayı çevresi ekolojik koridor olarak korunmalı ve geliştirilmeli, Filyos vadisi ve hinterlandında oluşturulacak yeşil ağ sistemi ile bağlantılı olması sağlanmalıdır.
- Filyos Vadisi Projesi kapsamında planlanan endüstri bölgesinde yer alacak tesislerin etrafında maksimum seviyede açık yeşil alan oluşturulmalı ve ağaçlandırılmalıdır.

- Filyos Çayı boyunca yeşil koridor oluşturularak, ekolojik koridor işlevini sürdürmesi sağlanmalı, Filyos Çayının iki tarafında yer alacak yeşil/ekolojik kuşak genişliğine öncelik verilerek yapı yaklaşma sınırları buna göre belirlenmelidir.
- Doğal kaynak değerlerinin yanı sıra, kültürel değerlere ilişkin bir kültür envanteri hazırlanarak Filyos Vadisi Projesi hinterlandında yer alan Tios Antik Kenti ve çevresi koruma öncelikli alan kapsamına alınmalıdır. Tios Antik Kenti kültür turizmi açısından da önemli bir destinasyon oluşturmaktadır.
- Filyos Vadisi hinterlandında gelişecek yerleşim alanlarının “akıllı yerleşmeler” halinde gelişimini sağlamak için kent planlama, kentsel tasarım ve bina tasarım süreçlerinde teknolojik araçlar ekoloji yararına kullanılarak “akıllı ve ekolojik yerleşmeler” vizyonu benimsenmelidir.

Bu araştırmada olduğu gibi, ekolojik analizlerle ve ekolojik planlama yöntemiyle hazırlanacak ekolojik master plana göre planlama hiyerarşisi içerisinde, alt ölçeklerde nazım imar planı ve yerleşme ölçeğindeki planlar ile kentsel tasarım ve peyzaj tasarım projelerinin de hazırlanması ve uygulanması, Filyos Vadisi'nin endüstri temeline dayalı gelişiminin yanı sıra, ekolojik ve yeşil bölge olarak sürdürülebilirliğini de sağlayabilecektir.

TEŐEKKÖR

Bu alıŐma, Bartın Öniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen kapsamlı araştırma projesi (Proje No: 2018-FEN-A-004) nihai raporundan derlenmiŐtir. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine desteğinden dolayı teŐekkÖr ederiz.

KAYNAKÇA

- Çelikyay, S. (2005). Arazi kullanımlarının ekolojik eşik analizi ile belirlenmesi, Bartın örneğinde bir deneme. Doktora Tezi (yayımlanmamış), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, İstanbul.
- Çelikyay, S. & Öztaş, R.G. (2018). Batı Karadeniz Bölgesindeki Filyos Vadisi Projesi hinterlandının ekolojik analizi ve stratejik planlama önerileri. Bartın Üniversitesi Kapsamlı Araştırma Projesi Sonuç Raporu. Proje No:2018-FEN-A-004.
- Çelikyay, S. & Öztaş, R.G. (2019). Batı Karadeniz Bölgesindeki Filyos Vadisi projesine ilişkin stratejik çevresel değerlendirmeler ve planlama önerileri. International Black Sea Coastline Countries Symposium-3, 408-417, 18-20 Ekim 2019, Zonguldak.
- Çetinkaya, M. (2014). Filyos Vadisi Projesi. Erişim adresi: <http://www.bakkakutuphane.org/upload/dokumandosya//Filyos-Vadisi-Projesi--01.04.2015.23.37.38.pdf>, Erişim tarihi:10.04.2020
- ÇŞB (2019a). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü Zonguldak-Bartın-Karabük planlama bölgesi 1/100.000 ölçekli Çevre Düzeni Planı plan açıklama raporu. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/editorodosya/file/CDP_100000/zbk/PLANACIKLAMARAPORU_06072017.pdf Erişim tarihi: 01.06.2020.
- ÇŞB (2019b). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü Zonguldak-Bartın-Karabük planlama bölgesi 1/100000 ölçekli Çevre Düzeni Planı değişikliği pafta no: Zonguldak E28. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/editorodosya/file/CDP_100000/zbk/E28_22112017.jpg Erişim tarihi: 01.06.2020.
- ÇŞB (2019c). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü Zonguldak-Bartın-Karabük planlama bölgesi 1/100000 ölçekli Çevre Düzeni Planı plan değişikliği gerekçe raporu. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/editorodosya/file/CDP_100000/zbk/E28_22112017.jpg

csb.gov.tr/db/mpgm/icerikler/gerekce-raporu_100000-20191122074909.pdf

Erişim tarihi: 01.06.2020.

Gökmen, E.Y. & Mutlu, Ö.E. (2017). Filyos Vadisi Projesi'ne TEMA vakfı bakış açısı ve hukuksal çerçeve. TEMA Vakfı Bildirisi.

Emlakgündemi.com.tr (2019). Filyos Limanı görseli. Erişim adresi: <https://www.emlakgundemi.com.tr/kent-haberleri/filyos-limani-2020-de-tamamlanacak-h8640.html> Erişim tarihi: 05.06.2020.

BÖLÜM 7
ÇOKLU-KANAL DAĞITIM SİSTEMİ YAKLAŞIMLARI
Dr. Canser BİLİR¹

¹ İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği, İstanbul, Türkiye, canser.bilir@izu.edu.tr.
<https://orcid.org/0000-0002-3615-5819>

GİRİŞ

21. yüzyılda perakendecilik sektöründe çok köklü değişiklikler gerçekleşmiş ve 20. Yüzyılın çok başarılı olan Borders, Blockbusters ve Circuit City gibi firmaları piyasadan çekilmeye başlamışlardır. Bu değişikliğin arkasında yatan en temel sebeplerden bir tanesi online ticaretin yaygınlaşmasıdır (Chopra, 2018). Son yıllarda, mobil internet ve sosyal medya kullanımlarındaki gelişmeler ile birlikte değişen tüketici davranışları sonucunda, insanlar alışveriş yapmak ve daha birçok konuda akıllı telefonlarını çok daha fazla kullanmaya başlamışlardır (Verhoef, Kannan, & Inman, 2015). Artık tüketiciler, kendilerine kolay gelen herhangi bir yer ve zamanda sipariş verebilmek ve tüm bu satınalma deneyimlerinin hatasız ve kendileri için kolay olmasını beklemektedirler. İşte bu da yeni bir satış kanalı yaklaşımı ortaya çıkarmıştır (PWC, 2017). Bu satış yaklaşımı “çoklu kanal” adı ile Türkçeye çevrilmiş olmakla birlikte aslında “omnichannel” diye tanımlanan yeni bir kanal yönetim yaklaşımıdır. Bu çalışmada da öncelikle “çoklu kanal” yaklaşımının tanımlaması yapılacak, sonrasında çoklu kanal perakende yaklaşımlarının bir sınıflandırması sunularak çoklu-kanal dağıtım ağı yaklaşımları hakkında bilgi verilecektir. Çalışmanın devamında ise bu konudaki güncel literatürün bir özeti sunulacaktır.

1. ÇOKLU-KANAL DAĞITIM SİSTEMLERİ: TANIMI VE ÖNEMİ

Çoklu-kanal ya da orijinal ifadesi ile “omnichannel” çeşitli kanallar ile müşteri temas noktalarının tüm performans ve müşteri deneyimini en

iyi kılacak şekilde yönetilmesi olarak tanımlanabilir. Bu da tüm kanalların entegre edilmesini gerektirmektedir (Verhoef, Kannan, & Inman, 2015). Daha net bir ifade ile online alışveriş ile klasik perakendecilik uygulamalarının, müşterinin ve tedarik zincirinin ihtiyaçlarına göre birlikte ve birbiri ile entegre bir şekilde yönetilmesi anlamına gelmektedir. Örnek vermek gerekirse çoklu-kanal stratejileri, gerekirse müşterinin online aldığı bir ürünü isterse mağazadan teslim alması ve oraya iade etmesi yani istediği adımlarda online veya fiziksel temasa geçmesi ve firmaların da bunu destekliyor olmasını gerektirmektedir. Bu da tabii ki operasyonlarda ve tedarik zincirinin verimli bir şekilde işletilebilmesinde var olan karmaşıklıkta ciddi bir şekilde artırmaktadır (Saghiri, Bernon, Bourlakis, & Wilding, 2018).

Bunun yanında birçok uzman ise çoklu-kanal sistemlerini, klasik olarak firmaların, dağıtıcının deposu, tedarikçi, herhangi bir mağaza veya üçüncü parti bir lojistik firmasının deposundan ürünlerin tedarik edilmesi olarak tanımlamaktadır. Ancak bugün, çoklu-kanal sistemlerinin tanımı, ürünlerin herhangi bir noktadan sipariş edilmesi, envanter düzeyinin dengeli bir şekilde yönetilmesi, tedarik zinciri ağında yer alan herhangi bir noktadan ürünlerin teslim alınması veya ürünlerin mağazalara iade edilebilmesi gibi birçok hususu içerecek şekilde değişmiştir. Fiziksel ve online ticaret arasında eskiden var olduğu düşünülen sınırın da ortadan kalktığı gözlemlenmektedir (Brynjolfsson, Hu, & Rahman, 2013). Bu alanda yapılan çalışmalar da göstermiştir ki, online siparişler klasik dağıtım merkezleri, yalnızca online siparişler için kullanılan dağıtım merkezleri, doğrudan

üreticiler veya tedarikçiler ya da mağazalar tarafından karşılanabilmektedir. Yapılan çalışmalar aynı zamanda, envanter kısıtları, dağıtım merkezlerinde stokların tükenmiş olması, ya da müşteri lokasyonuna olan uzaklık gibi sebeplerle bazı şirketlerin bazı siparişleri mağazalar üzerinden karşılamayı tercih ettiklerini göstermiştir (Ames, 2014).

Çoklu-kanal literatür içerisinde pazarlama konusu, bu alandaki uzmanlar arasında oldukça popülerite kazanmaktadır ve Galipoglu vd. (2018) 'e göre, çoklu-kanal pazarlama nispeten yeni bir alan olmasına rağmen, bu alandaki akademik çalışmaların sayısı da çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Bununla birlikte, bu alanda yapılan akademik çalışmalar çoğunlukla satış ve pazarlama bakış açısı ile ele alınmaktadır (Saghiri, Bernon, Bourlakis, & Wilding, 2018). Dolayısıyla çoklu-kanal yönetiminin fiziksel dağıtım ve operasyonel süreçler boyutunu inceleyen daha çok çalışmaya ihtiyaç olduğu söylenebilir (Galipoglu, Kotzab, Teller, & Huseyinoglu, 2018). Zaten konular, çoklu-kanal stratejiler açısından incelendiğinde pazarlama ve lojistik konularının sıkı bir şekilde birbiri ile ilişkili ve birlikte ele alınması gereken konular olduğu dikkat çekmektedir (Melacini, Perotti, Rasini, & Tappia, 2018). Ayrıca konu ile ilgili yapılan literatür çalışmaları da göstermiştir ki, çoklu-kanal çalışmalarının büyük bir kısmını saha çalışmaları oluşturmaktadır. Bunun yanında kavramsal ve analitik çalışmalar, bu alandaki çalışmaların küçük bir kısmını oluşturmaktadır. (Galipoglu, Kotzab, Teller, & Huseyinoglu, 2018).

2. ÇOKLU-KANAL PERAKENDECİLİK YAKLAŞIMLARI

Çoklu kanal dağıtım yaklaşımlarını incelemeden önce farklı çoklu-kanal perakendecilik yaklaşımlarını kısaca ele almakta fayda vardır. Çoklu-kanal perakendecilik uygulamalarında müşteri ile siparişlerin alınması ve karşılanması amacıyla çok farklı şekillerde etkileşime geçilebilmektedir. Bu etkileşim 3 farklı boyutta gerçekleştirilmektedir: bilgi, ürün ve para. Perakendeci bilgi ve fiyat bilgisini müşteriye ulaştırırken müşteri de siparişini iletmektedir. Sonrasında perakendeci tarafından sipariş bilgisi kullanılarak ürünler müşterilere ulaştırılmaktadır. Sonrasında da ödeme müşteriden perakendeciye doğru transfer edilmektedir. Bu süreçte para akışı pek değişmediği için, bilgi ve ürün akışlarının nasıl gerçekleştirildiği, çoklu-kanal perakendecilik yaklaşımlarının sınıflandırılması amacı ile kullanılabilir (Chopra, 2018).

Aşağıdaki şekilde bilgi ve ürünlerin teslim edilmesi şekillerine göre sınıflandırılmış çoklu-kanal perakendecilik yaklaşımlarını görebilirsiniz. Perakendecilikte müşteri ve firma arasındaki bilgi alışverişi bir mağazada gerçekleştiği hali ile yüz yüze veya online alışveriş sırasında olduğu gibi uzaktan gerçekleşebilir. Yine siparişin karşılanması yani ürünün müşteriye teslimi, müşterinin ürünü teslim almak için mağaza veya belirli bir noktaya gelmesi veya ürünün

müşterinin adresine gönderilmesi şekillerinde olabilir (Bell, Gallino, & Moreno, 2014).



Şekil 1: Çoklu-kanal Perakendecilik Yaklaşımları (Kaynak: Bell, Gallino, & Moreno, 2014)

- **Klasik perakendecilik:** Klasik perakendecilik, müşterilerin mağazaları ziyaret ederek ürünleri beğendikleri ve satın aldıkları perakendecilik yaklaşımıdır. Tüm bilgi alışverişi yüz yüze gerçekleşir ve müşteri de ürünü mağazadan teslim alarak ayrılır. Süpermarketler, kitapçıları ve oyuncakçılar bu perakendecilik yaklaşımının klasik örnekleri arasındadır. Burada müşteriye mümkün olduğunca yakın olabilmek adına mağaza sayısının oldukça çok olması ve her lokasyonda envanter tutulması gerekliliği sonucunda envanter yönetim maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu söylenebilir.

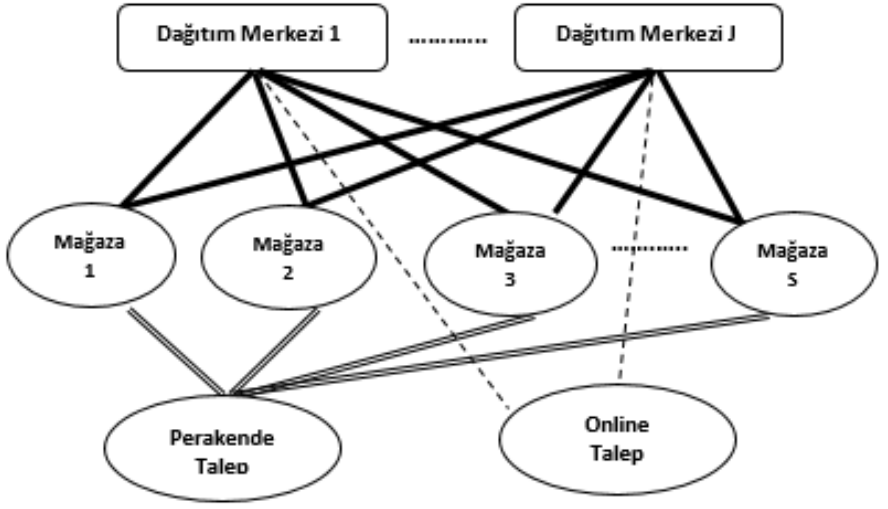
- Showroom yaklaşımı: Bu yaklaşımda mağazalar ürünlerin tanıtımı ve siparişlerin alınması amacıyla kullanılır. Burada yüz yüze bilgi alışverişi imkanı olmakla birlikte, ürünlerin teslimatı imkânı yoktur. Genellikle daha kişiye özel, ya da özelleştirilmesi gereken ürünler için tercih edilen bir yöntemdir. Terzi tipi mağazalar, mobilya imalatı vesaire bunun en klasik örneklerindedir. Bu yaklaşımda ürünler sipariş edildikten sonra istenirse müşteriye doğrudan gönderilir ya da müşterinin tekrar mağazaya gelerek ürünü teslim alması istenir. Bu yaklaşımda envanter maliyeti, ürün envanterinin merkezi lokasyonlarda tutulması sebebi ile oldukça düşüktür ancak tesis maliyetleri yine yüksektir.
- Klasik online perakendecilik: Bu yaklaşımda ürünler online olarak sipariş edilir ve kargo ve dağıtım firmaları yardımı ürünler müşterinin ile adresine gönderilir. Mücevher satışı yapan “Blue Nile” firması, bu yaklaşım için iyi bir örnektir. Bu yaklaşım, hem envanter tutma maliyetleri, hem de tesis maliyetleri açısından oldukça avantajlıdır. Ancak, ulaştırma maliyetleri, özellikle son kilometre maliyeti yani müşteriye ürünün teslim edilmesi maliyeti sebebi ile oldukça yüksek olabilir.
- Mağaza teslimatlı online perakendecilik: Müşteriye son teslimatta yaşanan problemler ve son teslimatın ulaştırma maliyetleri içindeki payı bu yaklaşımı ortaya çıkarmıştır. Bu yaklaşımda ürünler, müşteriye gönderilmek yerine bir teslimat

noktasına gönderilir ve müşterilerin bu teslimat noktasından bu ürünleri alması beklenir. Örneğin, Wall Mart'ın online satış operasyonlarında bu yöntem çoğunlukla kullanılır. Online alınan siparişler, merkez depolarda hazırlanarak mağazalara ulaştırılır ve müşterilerin buralara giderek ürünleri siparişleri teslim alması beklenir (Chopra, 2018).

3. ÇOKLU-KANAL DAĞITIM AĞI STRATEJİLERİ

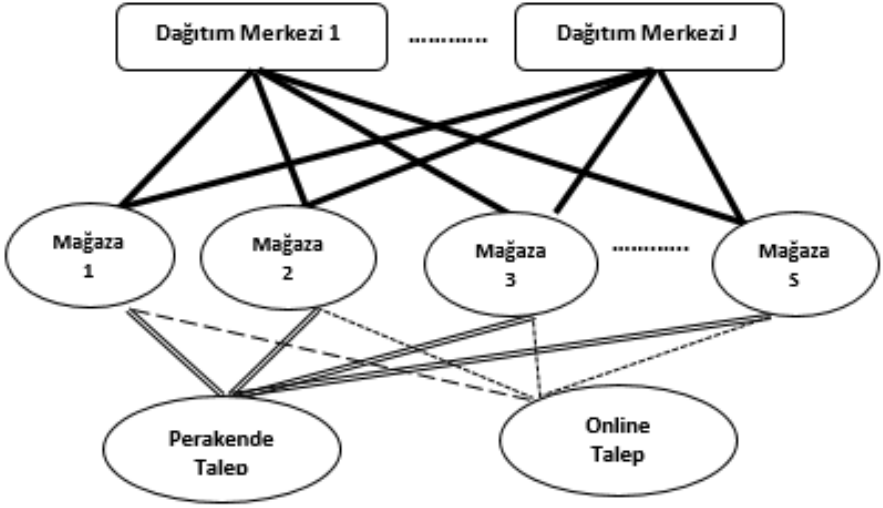
Dağıtım ağı stratejileri, çoklu-kanal çalışmalarında sıklıkla ele alınan konulardan bir tanesidir. Bu çalışmalarda amaç, hangi dağıtım ağı tasarım stratejisinin firmalar için hangi koşullarda en etkili sonuçları sağlayacağını belirlenmesidir. Dağıtım kanalı stratejileri genellikle online taleplerin hangi noktadan veya noktalardan nasıl karşılandığına göre sınıflandırılmaktadır. Burada göze çarpan 3 temel stratejiden bahsedilebilir (Bendoly, 2004; Alptekinoglu & Tang, 2005):

- 1) Siparişlerin dağıtım merkezi / depolardan karşılandığı yaklaşım: Bu yaklaşımda dağıtım merkezleri hem mağazalara hem de online siparişler için doğrudan müşterilere hizmet vermektedir (Şekil 2). Bu yaklaşımda genel olarak, envanterin merkezde konsolide edilmesi sebebi ile envanter tutma maliyetlerinin düşük, müşterilere olan mesafenin artmış olmasından dolayı da ulaştırma maliyetlerinin yüksek olduğu düşünülür. Ayrıca dağıtım merkezleri / depolarda online siparişlerin karşılanabilmesi için bir operasyonel yetkinlik oluşturulması gerekmektedir.



Şekil 2: Online Siparişlerin Dağıtım Merkezlerinden Karşılandığı Yaklaşımda Ürün Akışları

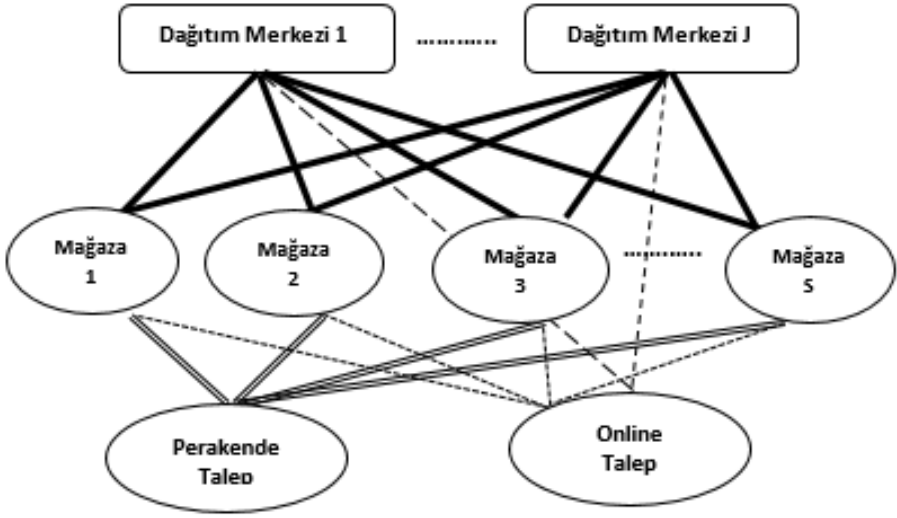
- 2) Siparişlerin mağazalardan karşılandığı yaklaşım: Bu yaklaşımda ise hem online siparişler hem de perakende mağaza satışları mağazalar tarafından karşılanmaktadır (Şekil 3). Dağıtım merkezleri ise her iki tip satış için mağazalara ürünleri ulaştırır. Bu yaklaşımda stoklar mağazalarda tutulacağı için artan ortalama stok seviyesi ve envanter tutma maliyetinden bahsetmek mümkündür. Yine mağazalarda online siparişleri karşılamak için bir operasyonel yetkinliğin de geliştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 3: Online Siparişlerin Mağazalar Tarafından Karşılandığı Yaklaşımında Ürün Akışları

- 3) Hibrit yaklaşım: Bu yaklaşımda online siparişler merkezi dağıtım merkezlerinden veya mağazalar tarafından karşılanabilmektedir. Mağazalara ürünler dağıtım merkezleri tarafından tedarik edilirken, dağıtım merkezleri aynı zamanda online siparişleri de karşılayabilmektedirler. Mağazalar ise hem perakende satışları hem de online siparişleri karşılayabilmektedir (Şekil 4). Yapılan

çalışmalar göstermiştir ki, hibrit strateji her zaman optimal çözümü sağlamaktadır (Chiang & Monahan, 2005). Ancak bu yaklaşımda hem dağıtım merkezlerinde hem de mağazalarda online siparişleri karşılamak için operasyonel yetkinliklerin geliştirilmesi ihtiyacı vardır. Bununla birlikte operasyonel karmaşıklık seviyesi de oldukça artmaktadır.



Şekil 4: Hibrit Yaklaşımda Ürün Akışları

4. LİTERATÜR ÖZETİ

Çalışmanın bu bölümünde, çoklu-kanal dağıtım stratejileri literatürünün kısa bir özeti sunulacaktır. Böylece hem konu hakkında yapılan çalışmalar özetlenirken, aynı zamanda bu alanda yapılan çalışmalarda tartışmaların neler olduğu aktarılmaya çalışılacaktır.

E-ticaretin dağıtım boyutunu inceleyen birçok öncü çalışma mevcuttur. Bu öncü çalışmalardan bir tanesinde, Swaminathan & Tayur (2003) e-ticarette takip edilebilirlik, tedarikçi ilişkileri, dağıtım stratejileri, özelleştirme ve gerçek zamanlı karar verme gibi tedarik zinciri konularına odaklanmıştır. Yazarlar bu çalışma sonucunda e-ticaretin, lojistik ve çeşitli kanallar arasında ürün akışlarının koordinasyonu konusuna yeterince önem verilmediğini vurgulamışlardır. E-ticaretin dağıtım boyutunu inceleyen başka bir öncü çalışmada ise Currah (2002) e-ticaretin, Toronto’da yer alan 6 perakende firmasının coğrafi organizasyonu üzerindeki etkisini incelemiş ve bu 6 firmanın mevcut operasyonları içerisinde e-ticaret operasyonlarını nasıl dahil ettiklerini belirlemiştir. Koster (2002) ise internet gıda perakendecileri üzerinde yürüttüğü anket çalışması ile siparişlerin karşılanması sürecinin önemini belirtmiş ve organizasyonların operasyonel karmaşıklıkları ile internet tabanlı operasyonlara uyumluluklarının dağıtım yapılarını nasıl etkilediğini incelemiştir. Bu çalışma ile yazar, en iyi dağıtım alternatifinin ne olduğu ve bunun hangi koşullara dayandığını tespit etmeye çalışmıştır.

Öncü çalışmalardan sonra, çoklu-kanal dağıtım stratejileri ile ilgili çalışmaların sayısı artmıştır. Bu çalışmaların büyük bir kısmını üç grupta ele almak mümkündür: 1) dağıtım ağını yeniden tasarlamayı veya online müşteriler için kullanılabilir en optimal dağıtım stratejisini belirlemeyi hedefleyen çalışmalar, 2) birden fazla kanal bulunması durumunda envanter optimizasyonu ve ürün kategorilerinin dağılımını inceleyen çalışmalar 3) online siparişlerin dağıtım merkezi

veya mağazalara dinamik olarak atanmasının etkilerini belirlemeyi hedefleyen çalışmalar.

Birinci kategoride yer alan birçok çalışmada mağazaların mı yoksa dağıtım merkezlerinin mi online siparişleri karşılamak için kullanılması gerektiği çalışılmıştır. Alptekinoglu & Tang (2005) satış noktaları arasında korelasyon gösteren değişken bir talebi olan çok kanallı bir dağıtım sistemi geliştirerek, siparişlerin merkez bir lokasyondan mı yoksa mağazalar tarafından mı karşılanmasının daha etkili olacağı sorusuna cevap aramışlardır. Chiang ve Monahan (2005) ise biri geleneksel perakende zinciri ve diğeri ise internet tabanlı doğrudan satışlar olmak üzere iki ayrı müşteri sınıfına sahip olan iki katmanlı bir tedarik zincirinde envanter yönetim politikalarının online kanalın varlığı ile nasıl etkilendiğini incelemişlerdir. Yazarlar çalışmaları ile perakende müşterilerin taleplerinin mağazada yer alan envanter ile karşılandığı, buna karşılık internet üzerinden iletilen siparişlerin doğrudan merkezi depo tarafından karşılandığı ikili bir dağıtım stratejisinin diğerk dağıtım stratejilerine göre daha üstün performans gösterdiği sonucuna varmışlardır. Geng ve Malik (2007) ise oyun teorisine dayanan iki düzeyli çok kanallı bir dağıtım sistemi modeli geliştirmişlerdir. Yazarlar, bu model yardımı ile envanter rekabetini ve üreticilerin stokları rekabet eden kanallara nasıl dağıtması gerekir sorusuna cevap aramışlardır. Bir diğerk çok-kanallı dağıtım stratejilerini inceleyen çalışmada ise, Bendoly vd. (2007) sabit dönemli gözden geçirme envanter yönetim politikası uygulayan çift katmanlı bir tedarik zinciri modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışma hangi

durumlarda online envanterin merkezileşmesinin optimal olmadığını belirlemeyi hedeflemişlerdir. Çalışma sonunda, firmanın toplam talebi içerisinde online taleplerin oranının merkezileşip merkezileşmeme kararında çok önemli bir rol oynadığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca, firma satışlarının önemli bir kısmının online satışlar olması durumunda merkezileşmenin daha fazla tercih edilen bir durum olduğu sonucuna varmışlardır. Hovelaque vd. (2007) de çok kanallı satışın yapıldığı bir ortamda envanter yönetimi ve sipariş verme politikaları konusunu ele almıştır. Yazarlar çalışmada, 3 farklı dağıtım stratejisi tanımlamış ve klasik gazete satıcısı modeli yaklaşımını kullanarak bu dağıtım modellerinin performansını karşılaştırmıştır. Bretthauer vd. (2010) 'da çoklu-kanal pazar yapısı içerisinde nerede ne kadar envanter tutulması gerektiği konusunu değerlendirmiştir. Yazarlar aynı zamanda, online talebin toplam talep içerisindeki payı değiştikçe, online sipariş karşılama merkezlerinin daha önce belirlenen alternatif lokasyonlar içerisinde sayı ve yerlerinin nasıl değiştiğini de göstermişlerdir. Bunun yanında Cao vd. (2016) ise iki kanallı bir dağıtım stratejisini ele almıştır: müşterilerin mağazaları ziyaret ederek istedikleri ürünleri aldıkları perakende kanalı ile müşterilerin siparişlerini internet üzerinden verdikleri ve ürünlerin müşteri adreslerine kargolandığı online kanal. Yazarlar çalışmalarında bu kanallara mağazada yer alacak bir teslimat noktası eklenmesinin faydalarını değerlendirmişlerdir. Millstein ve Campbell (2018) ise bir spor ürünleri perakendecisinin çoklu-kanal dağıtım sistemini almışlardır. Bu çalışmada yazarlar hem perakende mağazalara hizmet eden hem de müşteriler online siparişlerini

gönderen dağıtım merkezlerinin sayısı ve lokasyonlarını optimize etmişlerdir. Yazarlar kullandıkları talep modeline seçilen dağıtım merkezlerinin müşterilerden olan uzaklıklarına dayalı bir fayda faktörünü de ekleyerek, verilen hizmete göre değişmesi konusunu da incelemişlerdir.

Çoklu-kanal dağıtım literatürünün ikinci kategorisinde yer alan birçok çalışmada ise envanter optimizasyonu ve online kanalda kullanılacak ürün çeşitliliğinin yönetilmesi konuları ele alınmıştır. Liu vd. (2010) geliştirdikleri kapasite sınırlı tesis lokasyonu belirleme modeli ile, konsolidasyon sebebi ile elde edilen envanter tutma maliyeti tasarrufu ile ulaştırma maliyetleri arasındaki dengeyi, talep değişkenliği ile birlikte incelemiştir. Model içerisinde yazarlar, hâlihazırda perakende zincirine hizmet eden dağıtım merkezlerinin mevcut yerlerini temel almış, online talebi de mevcut dağıtım merkezlerine atamıştır. Takashi vd. (2010)'de üretim kurulum maliyeti ve dağıtım maliyetleri içeren iki seviyeli çift kanallı bir tedarik zinciri modeli geliştirmişlerdir. Bu model yardımı ile stokları merkezi dağıtım noktalarına atayarak, çoklu-kanal ortamı için optimal envanter kontrol ve yönetim sisteminin ne olduğunu analiz etmişlerdir. Schneider ve Klabjan (2013) ise sabit kurulum maliyeti içeren, iki farklı satış (perakende ve online) kanalına sahip, ürünlerin tedarik süresinin sıfır olduğu bir kayıp satış sürekli gözden geçirme envanter yönetim modeli oluşturmuştur. Yazarlar bu modeli 3 farklı talep dağıtım senaryosu altında inceleyerek envanter yönetim politikalarının hangi durumlarda optimal olduğu sorusuna cevap aramışlardır. Li, Zhao ve Xie (2010)

çok önemli stokastik dinamik programlama modeli oluşturarak, bu model yardımı ile çoklu-kanal bulunması durumunda, envanterin talebe olan bağımlılığının optimal envanter düzeylerini nasıl etkilediğini incelemiştir. Xu vd. (2017) ise önceden elde edilen talep bilgisini çok kanallı Tamsayılı-Doğrusal-Programlama envanter yönetim modeline entegre ederek sonuçların nasıl değiştiğini incelemiştir. Alawneh ve Zhang (2018) de, çok kalemli bir envanter yönetim modeli oluşturmuştur. Bu modelde, depolar kapasite sınırı olacak şekilde, talep ve tedarik süreleri ise belirsizlik içerecek şekilde tanımlanmıştır. Model hem online hem de perakende satış kanallarına hizmet veren depolardaki kullanılacak envanter yönetim politikasının optimize edilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Çoklu-kanal dağıtım sistemleri hakkında yapılan çalışmalardan birçoğu ise, online siparişlerin var olan dağıtım merkezleri ve perakende mağazalarına nasıl atanacağı, bu siparişlerin nasıl karşılanacağı ile ilgilidir. Bendoly, 2004 yılında yaptığı çalışmasında hem klasik perakende kanalına hem de online kanala hizmet veren iki katmanlı bir tedarik zinciri modeli tanımlayarak komşu mağazalardan ikame ürün bulunabilirliğinin artmasının tedarik zinciri ve karlılığı üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışma göstermiştir ki, komşu mağazalardan ürün tedarik edilmesinin sağladığı fayda oldukça sınırlıdır (Bendoly, Integrated inventory pooling for firms servicing both on-line and store demand, 2004). Mahar vd. (2009) ise taleplerin o anki durumuna göre dağıtım merkezi veya mağazalara atandığı iki farklı “dinamik atama modeli” geliştirerek sürekli taleplerin ve

envanter düzeylerinin izlenmesinin toplam maliyetleri nasıl etkilediğini incelemiştir. Çalışma sonucunda yazarlar, dinamik atama modellerinin toplam sistem maliyetlerini % 8,2'e kadar azaltabildiği sonucuna varmışlardır. Online taleplerin mevcut mağazalara atanmasına dayanan bir başka dinamik atama modelinde ise, Mahar ve Wright (2009) ertelenmiş satışların, tahmin edilen envanter düzeyi, nakliye ve bekleme maliyetlerine göre optimal talep karşılama noktasına atanmasına dayanan bir başka dinamik atama modeli oluşturmuşlardır. Bhatnagar ve Syam (2014) da, farklı özelliklere sahip ürünlerin (düşük envanter maliyeti ve yüksek envanter maliyeti olan ürünler), çoklu-kanala sahip bir tedarik zinciri içerisinde merkezi depolar ve mağazalar arasında nasıl tahsis edilmesi gerektiğini belirleyen bir tam sayılı kar maksimizasyonu modeli geliştirmiştir.

Bu çalışmaların haricinde çoklu-kanal dağıtım literatüründe, çoklu-kanal modellerinin kritik bir hususunu araştıran ancak çoklu-kanal dağıtım ağını veya stratejisini bir bütün olarak incelemeyen çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalardan bir tanesinde, Mahar vd. (2012) hangi mağazaların, mağazada teslimat politikasına dahil edilmesi gerektiğini belirleyen bir model geliştirmiştir. Yine Li vd. (2013) online kanal merkezi depo tahsisatı ve envanter rota optimizasyonu problemine tersine lojistik konusunu dahil eden bir model geliştirmiştir. Daha sonra bu model hibrit bir benzetimli tavlama yaklaşımı kullanarak çözülmüştür. Li, Lu & Talebian (2015) ise farklı perakende stratejilerini (sadece online kanal, sadece perakende kanalı ve çoklu-

kanal) veri olarak alınan ürün çeşitliliği, lojistik maliyetleri ve tüketici davranışları açısından incelemiştir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çoklu-kanal dağıtım sistemleri özellikle bu konu hakkında çalışan akademik olmayan uzmanlar tarafında çok hızlı bir şekilde popülarite kazanmaktadır. Bununla birlikte bu konudaki akademik çalışmaların sayısı da hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu konudaki çalışmaların büyük kısmı olayın satış & pazarlama boyutu ile ilgili olsa da dağıtım ve lojistik boyutu ile ilgili çalışmaların sayısı da artmaktadır. Bu konuda daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç olduğu açıktır.

Tedarik zinciri ağ tasarımında tesislerin yerleri, müşterilerin tesislere atanması ve ağ içerisindeki trafik gibi kararlar, zincir içerisindeki çok kritik kararlar arasında yer almaktadır (Agatz, Fleischmann, & van Nunen, 2008). Ancak yukarıda sunulan literatür taraması göstermiştir ki çoklu-kanal ortamında farklı dağıtım stratejilerini mevcut literatürde yer alan çalışmaların büyük çoğunluğu tesis lokasyonlarının ve sayılarının sabit olduğunu varsaymakta ve tesis yerleri ve sayıları gerçekleştirilen yeniden tasarım veya zincir performansını değerlendirme çalışmalarında ihmal etmektedir. Literatür çalışması ayrıca göstermiştir ki bu alanda yapılan kapsayıcı çalışmalar oldukça azdır. Çoklu-kanal ortamında optimal dağıtım stratejilerini inceleyen bazı çalışmalar olmakla birlikte (örneğin Bendolly, Blocher, Bretthauer, & Venkataramanan, 2007; Alptekinoğlu & Tang, 2005) bu çalışmalar tesislerin yerlerinin sabit

olduğunu varsaymaktadır. Mevcut literatürde tesis yerini, dağıtım ağını yeniden tasarlar iken bir karar değişkeni olarak bünyesinde barındıran sadece bir çalışmaya rastlanılmıştır (Millstein & Campbell 2018). Ancak bu çalışma da bir firmanın durumuna özeldir ve buradaki uygulamanın genelleştirilmeye ihtiyacı vardır.

Elde edilen sonuçlardan ve mevcut literatürde yer alan sonuçlardan hareketle, çoklu kanal dağıtım stratejileri üzerinde daha fazla kapsayıcı yani farklı dağıtım kanallarını inceleyen, lokasyon temelli değişkenleri, envanter maliyetinde ve diğer lojistik maliyetlerindeki değişkenleri içeren, yine talep değişkenliğini de içeren daha fazla analitik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Yine çoklu-kanal dağıtım literatüründe önem kazanan konulardan bir tanesi de artan online satışlar ile birlikte mağazaların yeni rolleridir. Mağazaların bir teslimat noktası veya ürünlerin sergilendiği ama müşteriye teslim edilmediği merkezler olarak kullanılması gibi konuların daha fazla incelenmesi ve bu alanda gerçekleştirilecek çalışmalara konu olması gerekmektedir. Nitekim artan online satışlarla birlikte birçok firma ya zincirdeki mağaza sayısını azaltma veya mağazalarının rollerini değiştirme konusunda karar vermek zorunda kalmaktadırlar. Buradaki farklı roller ve bunların hangi durumlarda daha ekili olduğu araştırılması gereken önemli konulardan bir tanesidir.

Yine bu alandaki çalışmalarda dikkat çeken konulardan bir tanesi de gerçekleştirilen çalışmaların büyük bir kısmının tek dönemli statik çalışmalar olduğu gerçeğidir. Yine çok dönemli ve dinamik modeller kurularak alınan stratejik kararların çok dönemde tedarik zinciri ve karlılığını nasıl etkilediğinin araştırılması bu alandaki literatüre önemli katkı sağlayacak konulardan bir diğeridir.

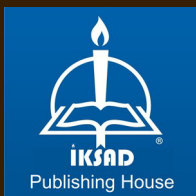
KAYNAKÇA

- Agatz, N. A., Fleischmann, M., & van Nunen, J. A. (2008). E-fulfillment and multi-channel distribution - A review. *European Journal of Operational Research* 187, 339-356.
- Alawneh, F., & Zhang, G. (2018). Dual-channel warehouse and inventory management with stochastic demand. *Transportation Research Part E* 112, 84-106.
- Alptekinoglu, A., & Tang, C. S. (2005). A model for analyzing multi-channel distribution system. *European Journal of Operational Research* 163, 802-824.
- Ames, B. (2014). Adding new tiles to the omnichannel mosaic. *Supply Chain Quarterly*, Q4, <https://www.supplychainquarterly.com/topics/Strategy/20181213-adding-new-tiles-to-the-omnichannel-mosaic/>.
- Bell, D., Gallino, S., & Moreno, A. (2014). How to win in an omnichannel world. *Sloan Management Review* 56, 45-53.
- Bendoly, E. (2004). Integrated inventory pooling for firms servicing both on-line and store demand. *Computers & Operations Research* 31, 1465-1480.
- Bendoly, E., Blocher, D., Bretthauer, K. M., & Venkataramanan, M. A. (2007). Service and cost benefits through clicks-and-mortar integration: Implications for the centralization / decentralization debate. *European Journal of Operations Research* 180, 426-442.
- Bhatnagar, A., & Syam, S. S. (2014). Allocating a hybrid retailer's assortment across retail stores: Brick-and-mortar vs online. *Journal of Business Research* 67, 1293-1302.
- Bretthauer, K. M., Mahar, S., & Venkataramanan, M. A. (2010). Inventory and distribution nstrategies for retail / e-tail organizations. *Computers & Industrial Engineering* 58, 119-132.
- Brynjolfsson, E., Hu, Y. J., & Rahman, M. S. (2013). Competing in the Age of Omnichannel Retailing. *MIT Sloan Management Review* 54 (4), 23-29.

- Cao, J., So, K. C., & Yin, S. (2016). Impact of an "online-to-store" channel on demand allocation, pricing and profitability. *European Journal of Operational Research* 248 (1), 234-245.
- Chiang, W.-y. K., & Monahan, G. E. (2005). Managing inventories in a two-echelon dual-channel supply chain. *European Journal of Operations Research* 162, 325-341.
- Chopra, S. (2018). The Evolution of Omni-Channel Retailing and its impact on Supply Chains. *Transportation Research Procedia* 30, 4 - 13.
- Currah, A. (2002). Behind the web store: the organizational and spatial evolution of multichannel retailing in toronto. *Environment and Planning A* (34), 1411-1441.
- Galipoglu, E., Kotzab, H., Teller, C., & Huseyinoglu, I. O. (2018). Omni-channel retailing research - state of the art and intellectual foundation. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 48 (4), 365 - 390.
- Geng, Q., & Mallik, S. (2007). Inventory competition and allocation in a multi-channel distribution system. *Production, Manufacturing and Logistics* 182, 704-729.
- Hovelaque, V., Soler, L. G., & Hafsa, S. (2007). Supply chain organization and e-commerce: a model to analyze store-picking, warehouse-picking and drop-shipping. *4QR* 5(2), 143-155.
- Koster, R. B. (2002). Distribution structures for food home shopping. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 32(5), 362-380.
- Li, T., Zhao, X., & Xie, J. (2015). Inventory Management for dual sales channels with inventory-level-dependant demand. *Journal of Operational Research Society* 66, 488-499.
- Li, Y., Guo, H., Wang, L., & Fu, J. (2013). A hybrid genetic-simulated annealing algorithm for the location-inventory-routing problem considering returns under e-supply chain environment. *The Scientific World Journal*, 1-10.
- Li, Z., Lu, Q., & Talebian, M. (2015). Online versus bricks-and-mortar retailing: a comparison of price, assortment and delivery time. *International journal of Production Research* 53(13), 3823-3835.

- Liu, K., Zhou, Y., & Zhang, Z. (2010). Capacitated location model with online demand pooling in a multi-channel supply chain. *European Journal of Operational Research* 207, 218-231.
- Mahar, S., & Wright, P. D. (2009). The value of postponing online fulfillment decisions in multi-channel retail / e-tail organizations. *Computers & Operations Research* 36, 3061-3072.
- Mahar, S., Bretthauer, K. M., & Venkataramanan, M. A. (2009). The value of virtual pooling in dual sales channel supply chains. *European Journal of Operational Research* 192, 561-575.
- Mahar, S., Salzarulo, P. A., & Wright, P. D. (2012). Using online pickup site inclusion policies to manage demand in retail / e-tail organizations. *Computers & Operations Research* 39, 991-999.
- Melacini, M., Perotti, S., Rasini, M., & Tappia, E. (2018). E-fulfilment and distribution in omni-channel retailing: a systematic literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 48 (4), 391 - 414.
- Millstein, M. A., & Campbell, J. F. (2018). Total hockey optimizes omnichannel facility locations. *Interfaces Journal of Applied Analytics* 48(4), 1-17.
- PWC. (2017). *The 2017 Global Omni-channel Retail Index*. Price Waterhouse & Coopers.
- Saghiri, S. S., Bernon, M., Bourlakis, M., & Wilding, R. (2018). Omni-channel logistics special issue. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 48 (4), 362-364.
- Schneider, F., & Klabjan, D. (2013). Inventory control in multi-channel retail. *European Journal of Operational Research* 227, 101-111.
- Swaminathan, J. M., & Tayur, S. R. (2003). Models for Supply chains in E-Business. *Management Science* 49 (10), 1387 - 1406.
- Takahashi, K., Aoi, T., Hirotsu, D., & Morikawa, K. (2011). Inventory control in a two-echelon dual-channel supply chain with setup of production and delivery. *Int. J. Production Economics* 133, 403-415.

- Verhoef, P. C., Kannan, P. K., & Inman, J. J. (2015). From Multi-Channel Retailing to Omni-Channel Retailing - Introduction to the Special Issue on Multi-Channel Retailing. *Journal of Retailing* 91 (2), 174 - 181.
- Xu, H., Gong, Y., Chu, C., & Zhang, J. (2017). Dynamic lot-sizing models for retailers with online channels. *Int. J. Production Economics* 183, 171-184.



ISBN: 978-625-7279-57-4