



SAKARYA UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

JOIN MET

JOURNAL OF MARINE AND ENGINEERING TECHNOLOGY

June 2022

Volume : 2 | Issue : 1

e-ISSN: 2791-7134

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/joinmet>





Journal of Marine and Engineering Technology

June 2022

Volume : 2 | Issue : 1

e-ISSN: 2791-7134

Yayın Kurulu Başkanı
Chairman of The Editorial Board

Dil
Language

Mehmet Sarıbiyık

Türkçe – İngilizce / Turkish – English

Editör
Editor in Chief

Yayın Periyodu
Publication Period

Nuri Akkaş

Yılda iki kere yayınlanır / Haziran – Aralık
Published twice a year / June – December

Bölüm Editörleri
Section Editors

Sinan Serdar Özkan, Sakarya University of Applied Sciences
Fatih Çalışkan, Sakarya University of Applied Sciences
Görkem KÖKKÜLÜNK, Yıldız Technical University
Hüseyin Elçiçek, Sakarya University of Applied Sciences
Mehmet Önal, İzmir Katip Celebi University
Hüseyin AGGÜMÜŞ, Sırnak University
Ali AVCI, Hakkari University
S. M. Esad Demirci, Sakarya University of Applied Sciences

Teknik Editörler
Technical Editors

Bilimsel Yayınlar Koordinatörlüğü, Sakarya University of Applied Sciences
Hüseyin Elçiçek, Sakarya University of Applied Sciences
S. M. Esad Demirci, Sakarya University of Applied Sciences

İletişim ***Contact***

SUBU Denizcilik MYO, Alandere Mahallesi Karadeniz Sahil Yolu Caddesi No:213/1 Kocaali/Sakarya, Türkiye

Tel: +90 264 616 17 02

Web: dergipark.org.tr/tr/pub/joinmet

E-mail: joinmet@subu.edu.tr

Aim and Scope

The Journal of Marine and Engineering Technology (JOINMET), published by Sakarya University of Applied Sciences at least twice a year, aims to contribute to marine and engineering technologies, to develop relevant technologies and to announce engineering technology research. JOINMET is an international, refereed, multi-disciplinary journal that includes original studies in its field.

- *Naval Architecture and Marine Engineering*
- *Shipbuilding and Ocean Engineering*
- *Marine*
- *Maritime Transportation Management Engineering*
- *Mechanical engineering*
- *Electrical electronics Engineering*
- *Industrial Engineering*
- *Environmental Engineering*

and in other related fields, scientific research articles, reviews, technical notes, letters to the editor are included.

Editorial Board

Owner Prof. Dr. Mehmet SARIBIYIK, Sakarya University of Applied Sciences

Editor-in-Chief Doç. Dr. Nuri Akkaş, Sakarya University of Applied Sciences

Editors Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Elçiçek, Sakarya University of Applied Sciences

Editorial board

Prof. Dr. Sinan Serdar Özkan, Sakarya University of Applied Sciences

Prof. Dr. Fatih Çalışkan, Sakarya University of Applied Sciences

Doç. Dr. Görkem KÖKKÜLÜNK, YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Önal, IZMIR KATIP CELEBI UNIVERSITY

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin AGGÜMÜŞ, SIRNAK UNIVERSITY

Dr. Ali AVCI, HAKKARİ UNIVERSITY

S. M. Esad Demirci, SAKARYA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Technical Editor

Bilimsel Yayınlar Koordinatörlüğü, Sakarya University of Applied Sciences

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Elçiçek, Sakarya University of Applied Sciences

S. M. Esad Demirci, Sakarya University of Applied Sciences

Contents

İnceleme Makalesi

- Blokzincir (Blockchain) Teknolojisi Kapsamında Elektronik Çek 1-20

Araştırma Makalesi

- Bakır Bara ve Flex Örgü Birleşiminde Kullanılan Direnç Nokta Kaynağı Optimizasyonu 21-30

İnceleme Makalesi

- The Development of Piracy in the Horn of Africa 31-39


Araştırma Makalesi

- Savurma döküm yöntemi ile üretilmiş AlB_2/Al kompozit malzemelerin aşınma davranışlarının incelenmesi 40-49

Araştırma Makalesi

- Binalarda Kullanılan MR Damperli Yarı Aktif Kütle Sönümleyicisinin Performans Analizi 50-57

Blokzincir (Blockchain) Teknolojisi Kapsamında Elektronik Çek

Ahmet Said BER¹ 

¹ Denizcilik Meslek Yüksekokulu, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Kocaali, Sakarya,
asaidber@gmail.com

ÖZ

Ticari hayatta önemli ve vazgeçilmez bir konuma sahip olan çek, teknolojik gelişmeler ile birlikte hızlanan ticarete ihtiyaçlara cevap veremez hale gelmiştir. Özellikle Covid-19 pandemisiyle büyük bir ivme kazanan dijitalleşme, etkilerini ticaretin her alanında göstermektedir. Bu bağlamda geleneksel kâğıt çekin elektronik ortama taşınması için ülkemizde de gelişmeler kaydedilmekte ve hukuki altyapı oluşturulmaya çalışılmaktadır.

21. yüzyılda öne çıkan gelişmelerden biri olan blokzincir teknolojisi, birçok alanda benzersiz yenilikler vadetmektedir. Elektronik çeki ilişkin hukuki düzenlemeler ile birlikte teknolojik bir altyapının da geliştirilmesi gerekeceği aşikardır. Blokzincir teknolojisinin bu boşluğu doldurulabilecek teknolojilerinden biri olabilmesi ihtimali, üzerinde durulmaya değer bir tartışmadır.

Bu çalışmada ilk olarak, elektronik çeki ilişkin güncel gelişmeler üzerinde durulmuştur. Elektronik çeki duyulan ihtiyaç ve elektronik çeki ilişkin hazırlanan hukuki düzenlemeler önem arz etmektedir. Devamında kısaca blokzincir teknolojisine değinilmiş, avantaj ve dezavantajları açıklanmaya çalışılmıştır. Blokzincir teknolojisinin oluşturulacak elektronik çek sistemine uygunluğu tartışılması gereken bir diğer önemli başlıktır. Son olarak, geliştirilebilecek sistemin işleyişine ve bu sistemde karşılaşılabilecek sorunlar ve çözüm yollarına değinilmiştir.

Çalışmanın amacı, elektronik çek ve bono kanunu ile oluşturulacak hukuki zeminle birlikte, elektronik çek altyapısı için tercih edilebilecek teknolojilerden biri olan blokzincir teknolojisinin uygunluğunun tartışılmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Çek, Elektronik Çek, Elektronik Bono, Blokzincir Teknolojisi.

Electronic Check within the Scope of Blockchain Technology

ABSTRACT

The check, which has an important and indispensable position in commercial life, has become unable to meet the needs of the accelerated trade with the technological developments. Digitalization, which gained momentum especially with the Covid-19 pandemic, shows its effects in every field of trade. In this context, developments are being made in our country in order to transfer the traditional paper check to the electronic environment and a legal infrastructure is being tried to be established.

Blockchain technology, which is one of the prominent developments in the 21st century, promises unique innovations in many fields. It is obvious that a technological infrastructure will need to be developed along with the legal regulations regarding electronic checks. The possibility of

¹ Sorumlu Yazar: asaidber@gmail.com

blockchain technology being one of the technologies that can fill this gap is a discussion worth considering.

In this study, firstly, current developments regarding electronic checks are discussed. The need for electronic checks and legal regulations regarding electronic checks are important. Afterwards, the blockchain technology is briefly mentioned and its advantages and disadvantages are tried to be explained. The compatibility of blockchain technology to the electronic check system to be created is another important topic that needs to be discussed. Finally, the functioning of the system that can be developed and the problems and solutions that can be encountered in this system are mentioned.

The aim of the study is to discuss the suitability of blockchain technology, which is one of the technologies that can be preferred for electronic check infrastructure, together with the legal basis to be created by the electronic check and bills law.

Keywords: Check, Electronic Check, Electronic Bills, Blockchain Technology.

1 Giriş

Ticari hayatın her alanında yaygın bir şekilde kullanılan kambiyo senetlerinden olan çekin, gelişen teknolojiyle günün şartlarına ve taleplerine uyum sağlaması bir ihtiyaçtan öte, zaruret haline gelmiştir. Hızla gelişen teknoloji, ticari hayatın da hızlanmasını ve böylece elektronikleşmeyi beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda, ülkelerin iç hukuklarında ve uluslararası hukukta, kambiyo senetleri gibi belgelerin dahi elektronik ortama aktarılmasına yönelik düzenlemelerin üzerinde çalışıldığını görmekteyiz. Türk hukukunda da uzun yıllardır hazırlanan ve artık teklif haline gelen Elektronik Çek ve Bono Kanunu Teklifi (EÇBKT) önem arz etmektedir.

Elektronik çek ve bonoya ilişkin EÇBKT ile oluşturulan hukuki düzenlemenin uygulanabilmesi için gerekli teknolojik altyapının da sağlanması gerekecektir. Her ne kadar henüz teklif aşamasında olup kanunlaşmamış olsa da, yakın bir zamanda elektronik çek ve bononun hayatımıza girmesi muhtemeldir. Dolayısıyla oluşturulacak teknolojik altyapın, en az kanun teklifi kadar üzerinde durulmasında yarar vardır. Bu bağlamda, çalışmada kanun teklifinde yer alan çeki ilişkin hükümler ve oluşturulabilecek elektronik çek altyapısı değerlendirilecek, bono hükümlerine ise değinilmeyecektir.

21. yüzyılın en büyük icatlarından biri olan Bitcoin ile bilinirliği artan blokzincir (blockchain) teknolojisi, hayatın her alanında farklı bir bakış açısı getirmiştir. Sunduğu benzersiz yapı sayesinde sadece kripto para olarak yatırım alanında değil, birçok farklı alanda kullanılmaya müsait bir teknolojidir. Bu çalışmada da blokzincir teknolojisi tabanlı elektronik çek sisteminin oluşturulması ve sağlayacağı faydalar açıklanmaya çalışılmıştır. Benzer yaklaşımın farklı ülkeler ve uluslararası hukukta da benimsendiğini söylemek mümkündür. İlk olarak 09.06.2021 tarihinde kabul edilen Alman Elektronik Kıymetli Evrak Kanunu (eWpG), oluşturulacak elektronik sistemde blokzincir teknolojisinden yararlanmayı öngörmektedir. Hindistan'da da tüm adımların elektronik ortamda, blokzincir teknolojisi kullanılarak oluşturulacak elektronik çek sistemi üzerinde çalışıldığı bilinmektedir². Amerika Birleşik Devletleri ve Hong Kong'da da blokzincir tabanlı olmasa da elektronik çeki ilişkin düzenlemelerin yürürlükte olduğunu söyleyebiliriz³. Son olarak uluslararası hukukta, Birleşmiş Milletler Uluslararası Ticaret Hukuku Komisyonu (UNCITRAL) tarafından yayınlanan üçüncü model kanun olan, Elektronik Olarak Devredilebilir Kayıtlara İlişkin UNCITRAL Model

² ÇOTUKSÖKEN, Emre; "Dijitalleşme, Elektronik Çek ve Blockchain İlişkisi", Finans Hukuku Gündemi Dergisi, Sayı: 4, Temmuz 2020, s. 10.

³ ATAKAN, Murat Can; "Kıymetli Evrak Hukuku'nda Yeni Bir Öneri: Elektronik Çek. Alman Elektronik Kıymetli Evrak Kanunu Tasarısı (Ewpg-E) Işığında Bir İnceleme", Yargıtay Dergisi, Cilt: 47, Sayı: 2, Nisan 2021, s. 546; ÇOTUKSÖKEN, s. 8-9.

Kanunu⁴ (MLETR) dikkat çekmektedir. Model kanun, ülkelerin iç hukuklarındaki düzenlemelere kaynak teşkil etmek, uluslararası alanda yeknesak kurallar oluşturmak ve çek gibi devredilebilir belgelerin elektronik ortamda kullanılmasını sağlama amaçları taşımaktadır⁵. Önemli bir husus olarak MLETR, fiziksel belgeler ile elektronik belgeler arasında işlevsel denklik yaklaşımını⁶ benimsemektedir⁷.

Çalışmanın ilk bölümünde elektronik çek kavramı açıklanmaya çalışılmış, devamında elektronik çeke duyulan ihtiyaç ve elektronik çek ve bono kanunu teklifi üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde genel hatlarıyla blokzincir teknolojisi ele alınıp, getirdiği avantaj ve dezavantajlara değinilmiştir. Elektronik çek sisteminde blokzincir teknolojisinin tercih edilebilmesi için blokzincir teknolojisinin, elektronik çeke uygunluğunun da değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca oluşturulacak blokzincir tabanlı elektronik çek sisteminin daha çok teknik kısmına ilişkin hususlar değerlendirilip, sistemde karşılaşılabilecek sorunlar ve bu sorunlara ilişkin çözüm önerileri açıklanmaya çalışılmıştır.

Blokzincir teknolojisinin henüz yeni bir kavram olmasından öte elektronik çek kavramı çok daha yeni bir gelişmedir. Doktrinde de elektronik çek kavramına ilişkin yeterli seviyede çalışmaya rastlanılmamaktadır. Özellikle elektronik çek ve bono kanunu ile birlikte gerekli çalışmalar yapılacağı düşünülmektedir. Elektronik çek ve bono sisteminde blokzincir teknolojisinin kullanılmasının ele alındığı bu çalışmada, sistemin tüm işleyişi ayrıntılı olarak açıklanmamış olsa da hem doktrindeki boşluğu doldurmak hem de blokzincir teknolojisi tabanlı bir elektronik çek sisteminin geliştirilebileceğini ortaya konmak hedeflenmiştir.

2 Elektronik Çek

2.1 Genel Olarak

Elektronik kıymetli evrak (elektronik çek), senet ve onda mündemiç olan hakkın, fiziki olarak değil de, elektronik ortamda var olduğu kıymetli evrak ihraç metodudur⁸. Her ne kadar elektronik ortamda oluşturulsalar da hukuken kıymetli evrak vasfını taşıyabilmeleri için gerekli olan unsurları taşıdıklarından dolayı, kanuni anlamda kıymetli evrak sayılırlar ve kıymetli evrak hukukunun genel prensiplerine tabiidirler⁹.

Elektronik çeke farklı tanımlamalar getirmek mümkündür. Elektronik çek, kâğıt olmaksızın, ödemenin elektronik imza ile taahhüt edildiği, yeterli güvenlik seviyesine sahip, bir banka ödeme aracı şeklinde tanımlanabilir¹⁰. Bir diğer tanım ile elektronik çek, kıymetli evrak olan geleneksel kâğıt çekin elektronik

⁴ BER, Ahmet Said; “Elektronik Olarak Devredilebilir Kayıtlara İlişkin UNCITRAL Model Kanunu (Çeviri)”, Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Cilt: 1, Sayı: 2, Aralık 2019, s. 445-452.

⁵ BER, UNCITRAL Model Kanunu, s. 445.

⁶ İşlevsel denklik yaklaşımı için bkz. BER, Ahmet Said; Elektronik Konuşmento, Seçkin Yayıncılık, Ankara, Ağustos 2018, s. 73 vd.

⁷ BER, UNCITRAL Model Kanunu, s. 445.

⁸ YÜCE, Aydın Alper; “9 Haziran 2021 Tarihli Alman Elektronik Kıymetli Evrak Kanunu (eWpG) Üzerine Düşünceler”, İstanbul Hukuk Mecmuası, Cilt: 79, Sayı: 3, Yıl: 2021, s. 733.

⁹ YÜCE, s. 734.

¹⁰ KARABIYIK, Ayşegül; “Alternatif Ödeme Aracı Olarak: Elektronik Çek Sistemi (E-Çek)-1”, Muhasebe ve Finansman Dergisi, Sayı: 38, Yıl: 2008, s. 82; DEMİRCİ, Serdar; “Türk Hukukunda Elektronik Çeke Doğru, Dünü ve Bugünüyle “Çek”, Ankara Barosu Dergisi, Cilt: 78, Sayı: 1, Yıl: 2020, s. 34.

sürümünü veya elektronik ortama aktarılması şeklinde belirtilebilir¹¹. Esasen hukuki anlamda yeni bir elektronik çek tanımına gerek yoktur¹². Çünkü elektronik çek, geleneksel çekin taşıdığı tüm unsurları taşıyan, sadece fiziki ortamda var olmayıp, elektronik ortamda düzenlenen bir kıymetli evraktır¹³. Benzer yaklaşımla, EÇBKT’de de elektronik çekin tanımı, elektronik ortamda düzenlenen, devredilen ve ödenen çek şeklinde belirtilmiştir¹⁴.

Elektronik çek, geleneksel çekin¹⁵ yerine geçme gibi bir amaç gütmemekle birlikte, yeni bir kıymetli evrak türü de oluşturmayıp, yalnız çekin ihracında yeni bir yol olmaktadır. Böylece var olan geleneksel çekin tabii olduğu tüm hukuki kurallara aynen tabi olup, sadece elektronik ortamda varlığını sürdürecektir. Ayrıca elektronik çekerle ilişkin getirilecek hukuki düzenlemelerde, ihtiyaç halinde, geleneksel çekin elektronik çekerle, elektronik çekin de geleneksel çekerle dönüştürülebilmesine imkân tanınmalıdır. Son olarak, elektronik çekin geleneksel çek ile aynı hukuki niteliğe sahip olmasının sonucu olarak fiziken bulunmasa da geleneksel çek gibi eşya olarak kabul edilmesi gerekir¹⁶.

2.2 Elektronik Çekerle Duyulan İhtiyaç

Teknolojik gelişmelerle hızlanan ticarete geleneksel kâğıt evrakların yetişememesi, yeni bir sorun değildir. Özellikle son 5 yıldır teknolojik gelişmelerde yakalanan ivme, geleneksel kâğıt evrakların, hız ve zaman bakımından yetersiz kalmalarına sebep olmaktadır. Ayrıca 2019 yılından beri mücadele edilen Covid-19 küresel salgını nedeniyle, her alanda sosyal mesafe kuralları gereği dijitalleşmenin hız kazandığını söylemek doğru olacaktır. Geleneksel kâğıt evrakların dijitalleşmesi adına birçok farklı alanda çözüm önerileri sunulmuş, hatta bu öneriler uygulamaya yansımıştır¹⁷.

Hız ve zaman faktörünün yanı sıra bir diğer sorun, geleneksel kıymetli evrakların ihraç, taşınma ve muhafaza masraflarıdır¹⁸. Özellikle çek kağıdının Türkiye’de üretilmeyip ithal edilmesi ve Avrupa ülkelerinin merkez bankalarının belirttiği teknik şartnameye uygun üretilmesi, masrafları daha da arttırmaktadır¹⁹. Geleneksel kâğıt çeklerde kullanılan kâğıdın temini, basımı ve taşınması azımsanmayacak miktarda masrafa sebep olmaktadır²⁰. İlâveten, elektronik çekte alonj da kullanımdan

¹¹ TOPALOĞLU, Mustafa; “Elektronik Ticarete Ödeme Sistemleri: Kredi Kartları, Elektronik Para, Elektronik Çek”, Terazi Hukuk Dergisi, Cilt: 12, Sayı: 130, Haziran 2017, s. 75.

¹² TEVETOĞLU, Mete; “Elektronik Çek ve Bono Kanunu Teklifi ile Yapılması Planlanan Düzenlemelere Dair Düşünceler”, Bilişim Hukuku Dergisi, Cilt: 3, Sayı: 1, Yıl: 2021, s. 50.

¹³ TEVETOĞLU, Elektronik Çek ve Bono, s. 51.

¹⁴ TEVETOĞLU, Elektronik Çek ve Bono, s. 50-51.

¹⁵ Geleneksel çekerle ilişkin bkz. KENDİGELEN, Abuzer; Çek Hukuku, On İki Levha Yayıncılık, Gözden Geçirilmiş ve Güncelleştirilmiş 6. Bası, İstanbul, Nisan 2021, s. 7 vd.; İMREGÜN, Oğuz; Kıymetli Evrak Hukuku (Genel Hükümler-Kambiyo Senetleri-Makbuz Senedi-Varant), Filiz Kitabevi, 2. Bası, İstanbul, 1998, s. 118 vd.; PULAŞLI, Hasan; Kıymetli Evrak Hukukunun Esasları, Adalet Yayınevi, Tamamı Gözden Geçirilmiş ve Genişletilmiş 9. Baskı, Ankara, Eylül 2021, s. 285 vd.; KAYIHAN, Şaban; Kıymetli Evrak Hukuku, Seçkin Yayıncılık, 8. Baskı, Ankara, Eylül 2021, s. 192.

¹⁶ YÜCE, s. 734-735; Bu görüş ile birlikte ilk defa cismani olmayan bir varlık eşya olarak kabul edilmiş olacaktır. Ayrıntılı bilgi için bkz. ATAKAN, s. 550.

¹⁷ Bir kıymetli evrak olan konişmentonun elektronikleşme süreci ve elektronik konişmento uygulamaları için bkz. BER, Elektronik Konişmento, s. 95 vd.

¹⁸ YÜCE, s. 736; BER, Elektronik Konişmento, s. 96.

¹⁹ KURT, Eda; Karşılıksız Çek Keşide Edilmesine Karşı Alınabilecek Hukuki Tedbirler ve Elektronik Çek Uygulaması, On İki Levha Yayıncılık, İstanbul, Haziran 2021, s. 118-119.

²⁰ BAYTEMÜR, Deniz; Elektronik Kambiyo Senetleri, Yetkin Yayınları, Ankara, Temmuz 2021, s. 84-85.

kalkacaktır. Böylece elektronik ortama aktarılma ile hem kâğıt belgelerden kaynaklı masraflar ortadan kalkacak hem de daha çevreci bir yaklaşım sergilenmiş olacaktır.

Çekin tedavüle çıkmasından itibaren devri söz konusu olduğunda, çekin zilyetliğinin devri ve bu nedenle, tarafların bir araya gelmeleri gerekmektedir. Senedin herhangi bir nakliye vasıtasıyla ulaştırılması mümkünse de, güvenlik riskleri söz konusu olabilmektedir²¹. Elektronik ortamda gerçekleştirilecek işlemlerde ise, farklı ülkeler hatta farklı kıtalarda olursa dahi, böyle bir duruma ihtiyaç duyulmayacaktır. Böylece zaman kayıplarının da önüne geçilip, sürecin hızlanması sağlanacaktır.

Geleneksel kâğıt çeklerde karşılaşılan bir diğer dezavantaj, çekte kanuni olarak bulunması zorunlu olan unsurlardan birinin eksik olması halinde, çekin geçersiz olacağı, daha doğrusu, kambiyo senedi niteliği kazanamayacak olmasıdır. Elektronik çek sisteminde, çekin tedavüle çıkarılabilmesi için belirtilmesi gereken zorunlu unsurların eksikliğinde, sistemin uyarabilmesi ve eksiklik bulunması halinde, onay vermeyecek bir yapı oluşturulabilmesi mümkündür. Böylece elektronik ortamda düzenlenen bir çekin geçersiz olması gibi bir durumla karşılaşılacaktır. Ayrıca çekte önemli bir unsur olan imzaya ilişkin olarak, el ile atılan imzada karşılaşılabilen imza sahteciliği gibi hususlar, elektronik çekle birlikte elektronik imzanın kullanılmasıyla engellenmiş olacaktır.

Bir diğer önemli husus, geleneksel kâğıt çekin takip edilebilirliğinin zor olmasıdır. Çekin tedavüle çıkarılmasından sonra kime veya kimlere devredildiği, hatta ileri tarihli çekte olduğu gibi esas düzenlenme tarihi ve yerinin tespiti zordur. Ancak elektronik çekte ne zaman ve nerede düzenlendiği net bir şekilde bilinebilecektir. Benzer şekilde kim veya kimlere devredildiğinin de sistem üzerinden takip edilebilmesi mümkündür. Böylece hem takip edilebilirlik sağlanmış olacak hem de kayıt dışı ekonominin kontrolüne katkı sağlanacaktır²².

Elektronikleşmenin ticari hayatta yer alan tüm taraflara fayda sağlayacağı düşünülmektedir²³. Ayrıca, mevzuatın teknoloji ile uyumunu yakalama, kâğıt belgelerde karşılaşılabilen tahrifatın ve sahteciliğin önlenmesiyle güveni sağlama, elektronik işlemlerin takip edilebilirliği sayesinde kayıt dışılığın önüne geçme, tedavülün kayıt altına alınmasıyla ödeme ve kredi fonksiyonlarının temin edilmesi şeklinde faydaları da olacaktır²⁴.

Her ne kadar elektronik çekte duyulan ihtiyaç ve getireceği faydalar bulursa da, bazı riskleri de beraberinde getireceği söylenebilir. İlk olarak, elektronik ortamda gerçekleştirilebilecek saldırılar ve sistemde bulunabilecek güvenlik açıkları akla gelmektedir. Bu tür durumları önlemek adına oluşturulacak sistemin çok iyi dizayn edilmesi ve teknik ekibin üst düzey yetkinliğe sahip olması gerekmektedir. Burada teknik altyapının oluşturulmasında tercih edilecek teknolojinin de ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. İkinci olarak, elektronik çekte ilişkin henüz iç hukuk kurallarının yeni oluşturulmakta olduğu ve uluslararası yeknesaklığın sağlanmamış olmasıdır. Ülkelerin farklı elektronik çek sistemleri dizayn edip kullanıyor olmaları, uluslararası ticarete çekincelere sebep olabilecektir. Bu durumda da geliştirilecek teknik alt yapıların yabancılar içinde şeffaf ve güvenilebilir olması önem arz etmektedir.

²¹ BAYTEMÜR, s. 85.

²² BAYTEMÜR, s. 82.

²³ Elektronik çek sisteminin, borçluya, alacaklıya ve bankaya sağladığı faydalar için bkz. KARABIYIK, E-Çek 1, s. 86 vd.

²⁴ TEVETOĞLU, Elektronik Çek ve Bono, s. 34 vd.; KURT, s. 116 vd.

2.3 Elektronik Çek ve Bono Kanunu Teklifi

Kıymetli evraklarda dijitalleşme adına Türkiye’de atılan en büyük adımlardan birinin, Elektronik Çek ve Bono Kanunu olacağını söyleyebiliriz. Her ne kadar bir süredir elektronik çek üzerine çalışmalar yapılmış olsa da EÇBKT ile yapılan çalışmalar olgunlaşmış, yasallaşmaya hazır hale gelmiştir. Sürecin Avrupa ülkelerinde atılan adımlarla özellikle eWpG ile daha da hızlanacağını ve Türkiye’de de en kısa zamanda, elektronik çek ve bono sisteminin işlerlik kazanacağı beklenmektedir.

Esasen Türkiye’de kambiyo senetlerinde elektronikleşme üzerine yapılan yasa çalışmaları sadece çeki kapsamaktaydı. Ancak elektronikleşmeyle kayıt dışılığının önlenerek dolayısı, bono kullanımının artacağı öngörülerek, kanun teklifine bono da eklenmiştir²⁵. Aslında geleneksel kâğıt çekin kullanımını devam edeceği için böyle bir yaklaşımın ne kadar çözüm olacağı tartışmalıdır. Ayrıca banka ürünü olan çek ile banka ürünü olmayan bononun aynı sistem içerisinde yer alması, bononun da banka ürünü olmasına sebep olacağı düşüncesiyle eleştirilmesi de muhtemeldir²⁶.

EÇBKT gerekçesine baktığımızda, fiziki çeklerde karşılaşılan çalınma, kaybolma, tahrif edilme ve sahtecilik gibi hususlara atf yapılarak, uygulamada birçok sorunla karşılaşıldığına dikkat çekilmektedir. İlaveten, operasyonel risklerin kaldırılması ve kayıt dışılığın önüne geçilmesi gerektiği vurgulanarak, elektronik çeki geçişle, çeki olan güvenin artacağı ve çekli ödemelerin daha hızlı ve kolay olacağı belirtilmiştir. Çek üzerinde yapılabilen tüm işlemlerin tamamen elektronik ortamda güvenle yapılabilmesinin mümkün olduğu ve fiziken teslimin zorunlu olmamasından dolayı hem maliyet hem de zaman bakımından tasarruf sağlanacağı düşünülmektedir. Ayrıca elektronik çekin koçan halinde olmayıp tek tek düzenleneceğinden, bankanın henüz keşide edilmemiş veya tedavüle girmemiş çekler için bir zorunlu karşılık ayırması da söz konusu olmayacak ve bu durum ekonomiye dolaylı bir katkı gibi değerlendirilebilecektir. Özellikle kayıt dışılığın ortadan kalkması, devletin vergi kayıplarını önlemesindeki önemi vurgulanmaktadır. Elektronik çek fiziken bulunmadığı için bu günlerde sıkça konuşulan temas, bulaşma gibi hijyen tedbirlerine ilişkin zorunluluğun da ortadan kalkacağı belirtilmiştir.

EÇBKT ile elektronik çek ve bono alanında gerekli olan yasal zeminin sağlanması amaçlanmaktadır. Teklife göre, bir elektronik çek ve bono sistemi oluşturulacak ve tüm işlemler elektronik ortamda yapılabilecektir. Teklifte, elektronik çekin unsurları belirlenirken 6102 sayılı Türk Ticaret Kanunu (TTK) m. 780 ve 5491 sayılı Çek Kanunu (ÇekK) m. 2’de yer alan unsurlar esas alınmıştır²⁷. Ancak bu unsurlara ek olarak, elektronik ibraz başlangıç tarihi ve çek hesabı sahibinin güvenli elektronik imzası veya elektronik kimlik doğrulama yöntemiyle oluşturulan kaydı eklenmiştir. Teklifte yeni bir kavram olarak elektronik ibraz tarihi başlangıcı, elektronik çek düzenlenirken belirtilen ve hamilin çeki bankaya ibraz edebileceği en erken tarih şeklinde tanımlanmıştır.

EÇBKT ile birlikte TTK, Türk Borçlar Kanunu (TBK), Hukuk Muhakemeleri Kanunu (HMK), İcra ve İflas Kanunu (İİK) gibi bazı kanunlarda düzenlemeye gidilme ihtiyacı doğacaktır²⁸. Özellikle TTK’da yer alan çek ve bonoya ilişkin hükümlerin, EÇBKT ile uyumunun sağlanması gerekir. Bu hususlardan

²⁵ TEVETOĞLU, Elektronik Çek ve Bono, s. 37.

²⁶ ÇOTUKSÖKEN, s. 1.

²⁷ TEVETOĞLU, Elektronik Çek ve Bono, s. 51.

²⁸ Ayrıntılı bilgi için bkz. AKSOY, Nazım; “Elektronik Çek’e İlişkin Kanun Çalışmalarına Yönelik Türk Ticaret Kanunu (645, 756, 780, 1526) ile İcra İflas Kanunu’nun (167) İlgili Madde Hükümleri Açısından Güncel Bir Bakış, Ticaret ve Fikri Mülkiyet Hukuku Dergisi, Cilt: 7, Sayı: 2, 2021, s. 179-191.

ilki, TTK m. 1526/1 hükmüdür. Hükme göre çek, güvenli elektronik imza ile düzenlenemez ve ciro gibi senet üzerinde gerçekleştirilecek işlemler de güvenli elektronik imza ile yapılamaz. Dolayısıyla hükmün, kanun teklifine göre düzenlenmesi gerekecektir. İkinci olarak, TTK m. 780/1'de çekin unsurları arasında, düzenleyenin imzası yer almakta ve TTK m. 756'ya yapılan atıfla imzanın, yalnız el ile atılan imza olabileceği öngörülmektedir. Burada da EÇBKT'ye atıf yapılarak, güvenli elektronik imza veya elektronik kimlik doğrulama yöntemiyle oluşturulan kayıt ile elektronik çek düzenlenebileceğinin belirtilmesi uygun olacaktır. Kıymetli evrakın tanımının yapıldığı TTK m. 645/1'de de kıymetli evrakın içerdikleri hakkın senetten ayrı ileri sürülemeyeceği veya başkalarına da devredilemeyeceği öngörülmüştür. Maddeye elektronik çekerle ilişkin bir hüküm eklenerek, çekerle bir istisna tanınmasında fayda vardır.

Bir diğer önemli husus, TBK m. 15/1'e göre, güvenli elektronik imza, el yazısıyla atılmış imzanın bütün hukuki sonuçlarını doğuracaktır. Ancak EÇBKT'de güvenli elektronik imzanın yanı sıra elektronik kimlik doğrulama yöntemiyle oluşturulan kayıt ile de çek düzenlenebileceği öngörülmüştür. Böylece el ile atılan imzanın yerine hem güvenli elektronik imza hem de elektronik kimlik doğrulama yöntemiyle oluşturulan kayıt kullanılabilir. Dolayısıyla bu hükümde de değişikliğe gidilmesi ve elektronik ortamda düzenlenen kambyo senetlerine ilişkin hükümlerin saklı tutulması gerekmektedir. Veyahut da maddede güvenli elektronik imza ile birlikte, elektronik kimlik doğrulama yöntemiyle oluşturulan kaydın da el ile atılan imzanın bütün hukuki sonuçlarını doğuracağı öngörülmelidir.

Son olarak Elektronik İmza Kanunu (EİK) m. 5 hükmü önem arz etmektedir. Maddeye göre, güvenli elektronik imza, elle atılan imza ile aynı hukukî sonucu doğurmakla birlikte, kanunların resmî şekle veya özel bir merasime tabi tuttuğu hukukî işlemler ile banka teminat mektupları dışındaki teminat sözleşmelerinin güvenli elektronik imza ile gerçekleştirilemeyeceği öngörülmüştür. Bu maddede de elektronik çekerle ilişkin bir istisnanın belirtilmesinde fayda vardır.

3 Blokzincir (Blockchain) Teknolojisi ve Elektronik Çek

3.1 Genel Olarak Blokzincir Teknolojisi

21. yüzyılda başta finans sektörü olmak üzere, birçok alanda büyük etkiler bırakan blokzincir teknolojisi, kıymetli evrakın dijitalleşmesi alanında da gündeme gelmektedir. Barındırdığı kendine has özellikleri ve sağladığı güvenlik seviyesi dikkate alındığında, diğer teknolojilerden bir adım önde olduğunu söylemek mümkündür. Dolayısıyla elektronik çek için oluşturulacak teknik alt yapıda, blokzincir teknolojisinin tercih edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Blokzincir teknolojisi tabanlı elektronik çek sisteminin işleyişine geçmeden önce, konunun daha iyi anlaşılabilmesi için kısaca blokzincir teknolojisine ve elektronik çekerle uygunluğuna değinmek doğru olacaktır. Ancak Bitcoin kripto parası ile bilinirliği artan blokzincir teknolojisine çalışmada tüm ayrıntılarıyla yer verilmesi mümkün değildir. Sadece genel hatlarıyla sistemin işleyişi ve sağladığı avantaj ve dezavantajlar üzerinde durulmuştur.

Blokzincir, var olan verinin silinemediği veya düzeltilemediği, sadece eklenti yapılabildiği bir çevrimiçi kayıt defteridir²⁹. Bir diğer tanıma göre blokzincir, herhangi bir aracıya gerek olmaksızın, bir verinin iki

²⁹ BER, Elektronik Konişmento, s. 136-137; Blokzincir kavramı için bkz. TEVETOĞLU, Mete; Hukuki Yönleriyle Kripto Varlıklar ve Kripto Varlıkların İlk Arzı, Aristo Yayınları, 2. Baskı, İstanbul, Eylül 2021, s. 7

taraf arasında doğrudan değiş-tokuşunu sağlayan bir teknolojik protokoldür³⁰. Sistemde temel olarak veri blokları bulunmakta ve bu bloklar, bir blok zinciri oluşturularak kendisinden bir önce gelen bloğu doğrulamaktadır. Esasen sistemin adı olan blok-zincir kavramı da buradan gelmektedir. Bir bloğun sonuna gelindiğinde, bu bloğun “hash value” denilen özeti çıkarılmakta ve bu özet, bir sonra gelecek olan bloğun ilk girdisi olmaktadır. Buna ek olarak, her yapılan işlem, zaman damgası almaktadır. Böylece her bloğun kendisinden önce gelen blokların özet değerini içermesiyle, sistem birbirini tamamlayan ve doğrulayan bir yapı haline gelmektedir. Sistem üzerinde yapılacak bir değişikliğin tüm bloklar üzerinde yapılması gerekeceği için eşsiz bir güvenlik yapısı oluşturmaktadır³¹.

Blokzincir teknolojisi, Dağıtık Kayıt Teknolojisi (Distributed Ledger Technology) yapısında çalışmaktadır. Dağıtık kayıt teknolojisinde veri bir merkezde toplanmamakta, sisteme dahil olan tüm kullanıcılar verinin tamamı veya bir kısmına sahip olmaktadır. Veriye ulaşmak isteyen kullanıcılar merkez vasıtasıyla değil, verinin bulunduğu diğer kullanıcılar üzerinden erişim sağlamaktadır. Böylece sistemde bulunan kişiler hem veriye ulaşan hem de veriyi sunan konumundadırlar. Sistemin bütünü düşünüldüğünde bir merkezi yapı olmadan verinin tüm kullanıcılara dağıtıldığı ve kullanıcıların kendi aralarında veri alışverişi sağladığı bir yapı ortaya çıkmaktadır³². Esasen bu yapı uzun yıllardır Peer to Peer File Sharing System (P2P) -Uçtan Uca Dosya Paylaşım Sistemi- şeklinde veri alışverişi için kullanılmaktadır. Blokzincir teknolojisi, P2P sistemini bir adım ileri taşımakta ve P2P sistemi üzerinden verinin şifrelenerek paylaşımını sağlayıp, güvenli bir yapı ile tekillik garantisi verebilen bir sistem kurulmuş olmaktadır.

Dağıtık kayıt teknolojisi, merkezi bir yapının olmamasının yanı sıra, sisteme dahil olabilmek için üyelik gerektirmeyen herkese açık bir sistemin oluşmasını da sağlamaktadır³³. Aslında herkese açık sistemlerde karşılaşılan en büyük sorun güvenlidir. Ancak yukarıda açıklandığı üzere, blokzincir teknolojisinde P2P sisteminden farklı olarak verinin şifrelenerek transferi bu sorunu çözmekte ve merkezi olmayan, açık bir sistem olmasına rağmen tekillik garantisi verebilmektedir. İlâveten blokzincir teknolojisinde açık ağların yanı sıra, istenildiğinde kapalı (özel) blokzincir ağlarının kurulabilmesi de mümkündür³⁴.

Blokzincir teknolojisinde kullanıcıların gerçek adları sistemde yer almamakta, her hesaba tanınmış adresler, yani kriptografik³⁵ kimlikler karşılık gelmektedir. Her adrese karşılık gelen ve sadece kullanıcının sahip olduğu bir özel anahtar (private key) bulunmaktadır. Adresler arasında yapılacak işlemlerde, kullanıcının karşı tarafa kendi adresini göndermesi yeterli olmakta ve karşı tarafta kendi özel anahtarını sisteme girerek bu adrese gönderim işlemini yapabilmekte ve böylece devir işlemi gerçekleşmektedir. Ancak oluşturulacak bir arayüz ile hangi adresin kime ait olduğunun veri tabanında tutulması ve belgelenmesi de mümkündür. Burada daha çok kurulmak istenen sistemin nasıl olması istendiğine ilişkin yapılacak tercihe göre sistem şekillenecektir. Sistem üyelik gerektirmeyen herkese

vd.; GÜN, Umut; Blockchain (Blokzinciri) Teknolojisinin Bankacılık ve Finans Hukuku Çerçevesinde Değerlendirilmesi, On İki Levha Yayıncılık, İstanbul, Ağustos 2021, s. 10 vd.

³⁰ ÇOTUKSÖKEN, s. 7.

³¹ USTA, Ahmet/DOĞANTEKİN, Serkan; Blockchain 101 v2, BKM Yayınları, 2018, s. 24 vd.

³² BER, Elektronik Konuşmento, s. 137; USTA/DOĞANTEKİN, s. 27 vd.

³³ BER, Elektronik Konuşmento, s. 138.

³⁴ Blokzincir türlerini, bütünüyle izin gerektirmeyen, kısmen izin gerektirmeyen, kısmen izin gerektiren ve bütünüyle izin gerektiren şeklinde sınıflandırılması yapılabilmektedir. Ayrıntılı bilgi için bkz. GÜN, s. 12 vd.; USTA/DOĞANTEKİN, s. 30 vd.; TEVETOĞLU, İlk Arz, s. 23 vd.

³⁵ Kriptografi kavramı için bkz. USTA/DOĞANTEKİN, s. 20-21; TEVETOĞLU, İlk Arz, s. 13.

açık bir yapıda olabileceği gibi, bir özel blokzincir ağı oluşturulup üyelik gereken ve üyelik ile birlikte kullanıcıların gerçek kimliklerine ulaşılabilen bir yapı da kurulabilecektir. Sonuç olarak blokzincir teknolojisi, merkeziyetsiz, aracısız ve değiştirilemez bir sistem sunmaktadır.

Son olarak, blokzincir teknolojisiyle ilgili olarak akıllı sözleşme³⁶ (smart contract) kavramına değinmekte yarar vardır. Akıllı sözleşme, tarafların daha önce anlaştıkları sözleşme şartlarının gerçekleşmesi durumunda, sözleşme konusu edimi kendiliğinden ifa eden otomatikleştirilmiş bir anlaşmadır³⁷. Elektronik çek sisteminde de örneğin, tarafların önceden belirledikleri şartların varlığı halinde, kendiliğinden otonom bir şekilde çeki düzenleyen, lehtara gönderen ve ilgili tarafları bilgilendiren bir yapının oluşturulabilmesi taraflar için kolaylık sağlayabilir. Dolayısıyla oluşturulacak elektronik çek sisteminde akıllı sözleşmelerden de faydalanılması yerinde olacaktır³⁸.

3.2 Blokzincir Teknolojisinin Avantajları

Genel olarak değindiğimiz blokzincir teknolojisinin getirdiği yeniliklerin birçok alanda avantaj sağladığı söylenebilir. İlk olarak blokzincir teknolojisi, bir merkezi depolama birimine ihtiyaç duymamakta ve şeffaf bir yapıdadır. Böylece verilerin sadece bir merkezde toplanması sonucu, o merkeze yapılabilecek siber saldırıların blokzincir teknolojisinde mümkün olamayacağı için avantaj sağlandığını söyleyebiliriz. Sistemde yer alan tüm verilere kullanıcıların hepsinin ulaşabilmesi, güvenilirliğin yanı sıra denetlenebilirliği de sağlamaktadır. Ayrıca verilerin kriptografi ile koruma altına alınması, sistemin güvenliğini üst seviyeye çıkarmaktadır.

Blokzincir teknolojisi, merkezi olmayan dağıtık kayıt teknolojisi sayesinde, diğer sistemlerde bulunması zorunlu olan üçüncü taraflara ihtiyaç duymamaktadır. Örneğin, iki taraf arasında para transferi yapılmak istenildiğinde, para transferi yapılabilen banka gibi üçüncü taraflara ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak blokzincir teknolojisinde doğrudan karşı tarafın cüzdan adresine bu işlem gerçekleştirilebilmekte, yani transfer işlemi üçüncü bir tarafa gerek olmadan yapılabilmektedir. Böylece taraflar, transfer işlemleri için ödenen kesintilerden de büyük oranda kurtulmuş olmakta, yani maliyetler düşmektedir. Belki de blokzincir teknolojisinin getirmiş olduğu birçok yeniliğe rağmen özellikle finans sektörünü derinden sarsacak en radikal değişikliğin bu olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Hatta bu husus daha da derinlemesine değerlendirildiğinde, devletlerin resmi para birimlerine dahi ihtiyacı ortadan kaldıracabilecek, tamamen merkeziyetsiz, hiçbir üçüncü tarafa ihtiyaç duyulmayan, şeffaf bir sistem olduğunu belirtebiliriz.

Bir diğer avantaj, sistemin herkese açık olabilmesidir. Günümüze kadar geliştirilmeye çalışan elektronik belge sistemlerinin önündeki en büyük engellerden biri, üyelik gerektiren yapıların oluşturulmasıdır³⁹. Aslında böyle bir yolun benimsenmesi, siber saldırılara karşı güvenli bir yapının sağlanabilmesi uğruna katlanılan bir zorunluluktur. Üyelik gerektirmeyen herkese açık sistemlerin saldırılara karşı daha açık

³⁶ Akıllı sözleşmelerle ilgili ayrıntılı bilgi için bkz. ÇAĞLAYAN AKSOY, Pınar; Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları, On İki Levha Yayıncılık, 2. Baskı, İstanbul, Ekim 2021; TEVETOĞLU, Mete; "Ethereum ve Akıllı Sözleşmeler", İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Cilt: 12, Sayı: 1, Yıl: 2021, s. 193-208; USTA/DOĞANTEKİN, s. 37-38; 129 vd.; TEVETOĞLU, İlk Arz, s. 15-16; GÜN, s. 7-8.

³⁷ TEVETOĞLU, İlk Arz, s. 15; GÜN, s. 7;

³⁸ ÇOTUKSÖKEN, s. 8.

³⁹ Konişmentonun elektronikleştirilmesinde karşılaşılan en büyük engellerden biri, üyelik gerektiren sistemlerin benimsenmiş olmasıdır. Ayrıntılı bilgi için bkz. BER, Elektronik Konişmento, s. 138-139.

olduğu aşikardır. İşte blokzincir teknolojisi, üyelik gerektirmeden herkese açık olmasına rağmen, merkezi olmayan ve kullanıcıların güvenle kullanabileceği üst düzey bir koruma vadetmektedir.

Blokzincir teknolojisi, bloklardan oluşmakta ve her bloğun ilk girdisi, kendisinden önceki blokların özetini içermektedir. Dolayısıyla sistem kendi içerisinde devamlı sistemin bütünlüğünü doğrulamaktadır. Böylece bir bloğun içerisinde bulunan verinin değiştirilebilmesi için o blok ile beraber kendisinden önce gelen tüm blokların, yani tüm sistemin değiştirilmesi gerekecektir. Böyle bir durumun da mümkün olmayacağından dolayı, sistem içerisinde yer alan hiçbir veri silinememekte veya değiştirilememektedir. Sadece var olan veriler üzerinde eklenti yapmak mümkün olmaktadır. Her yapılan işlem bir zaman damgasına sahip olmakta, işlemi yapan taraflar ve işlemin yapıldığı zaman bir daha değiştirilememek üzere bloklar içerisinde yer almaktadır.

Değinilmesi gereken bir diğer husus, blokzincir teknolojisinde yer alan mutabakat (doğrulama) yaklaşımlarıdır. Mutabakat yaklaşımlarından biri olan Proof of Work⁴⁰ (PoW) yapısıyla çalışan blokzincir sistemlerinde madencilik⁴¹ (mininig) şeklinde adlandırılan süreç, blokzincir üzerindeki işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bu mutabakat yaklaşımında yer alan madencilik, yüksek enerji tüketimi ve özel donanım gereksinimi ortaya çıkarmaktadır⁴². Dolayısıyla PoW mutabakat yaklaşımı ile çalışan blokzincir yapılarının, yüksek maliyet ve enerji gereksinimi duydukları düşünülerek, dezavantaj olarak düşünülebilir. Özellikle geliştirilen ilk kripto varlıklar, hatta ilki olan Bitcoin, PoW mutabakat yaklaşımı ile çalışmaktadır. Ancak PoW mutabakat yaklaşımından sonra birçok farklı yaklaşım geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam etmektedir⁴³. Bunlardan Proof of Stake⁴⁴ (PoS) mutabakat yaklaşımının ön plana çıktığını söyleyebiliriz. PoS mutabakat yaklaşımında, PoW aksine, sistemin işleyişi, madencilik üzerine kurulmamıştır. Sistem hisse kanıtı olarak da adlandırılmakta ve dijital varlık sahipliği miktarını dikkate alarak, fikir birliğine ulaşmayı amaçlamaktadır. Böylece yüksek enerji ve özel donanım gereksinimi bulunmamaktadır. Hatta ilk başta PoW yaklaşımı ile geliştirilen kripto varlıkların, PoS yaklaşımına dönmeyi planladıkları görülmektedir⁴⁵. Sonuç olarak, blokzincir teknolojisinin yüksek enerji tüketimi ve özel donanım gereksinimine sebep olduğu gerekçesiyle getirilen eleştiriler geçerliliğini yitirmiştir. İlâveten, yüksek enerji tüketiminin ortadan kalkması ile blokzincir teknolojisinin çevreci bir sisteme dönüştüğünü söylemek de mümkündür. Böylece PoW ile başlayan dezavantajlı durumun, çevreci yapısı gereği, PoS ve geliştirilen diğer mutabakat yaklaşımlarıyla avantaja dönüştüğünü söyleyebiliriz.

3.3 Blokzincir Teknolojisinin Dezavantajları

Blokzincir teknolojisinin avantajlarında belirtildiği üzere, güvenlik seviyesinin bu derece yüksek olması, esasen her sistemde istenecek bir avantajdır. Ancak yapılan hiçbir işlemin geri alınamaması, beraberinde bazı handikapları da getirmektedir. Blokzincir üzerinde yapılan yanlış işlemler geri

⁴⁰ Proof of Work (PoW) mutabakat yaklaşımı hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. USTA/DOĞANTEKİN, s. 122-123; SERT, Turan; Sorularla Blockchain, s. 81, <https://bkm.com.tr/wp-content/uploads/2015/06/Sorularlablockchain.pdf>, (13.12.2021); TEVETOĞLU, İlk Arz; s. 17-18; GÜN, s. 83.

⁴¹ Madencilik (mininig) kavramı hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. SERT, s. 116 vd.

⁴² USTA/DOĞANTEKİN, s. 123.

⁴³ Farklı mutabakat yaklaşımları için bkz. GÜN, s. 84 vd.; SERT, s. 83; TEVETOĞLU, İlk Arz, s. 19-20.

⁴⁴ Proof of Stake (PoS) mutabakat yaklaşımı hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. USTA/DOĞANTEKİN, s. 123-124; Sert, s. 82, GÜN, s. 84; TEVETOĞLU, İlk Arz, s. 18-19.

⁴⁵ Ethereum kripto varlığı, Ethereum 2.0 şeklinde adlandırılan güncellemeyle, PoW mutabakat yaklaşımından, sağladığı avantajlardan dolayı, PoS mutabakat yaklaşımına geçmeyi planlamaktadır.

alınmamakta ve oluşabilecek hak kayıplarını önleyici bir mekanizma da bulunmamaktadır. Bu sebeple kullanıcıların hem özel anahtarlarını çok iyi bir şekilde muhafaza etmeleri hem de sistem üzerinde yapacakları işlemleri çok dikkatli gerçekleştirmeleri gerekmektedir. İlâveten, özel anahtarların kaybedilmesi halinde, sistem üzerinden bir yedeğine ulaşmanın veya cüzdan üzerinde bir işlem yapmanın imkânı bulunmamaktadır. Dolayısıyla özel anahtarı unutulmuş bir cüzdana erişmek ve işlem yapmak imkânsız hale gelmektedir.

Blokzincir teknolojisi ile oluşturulan bir sistemin faaliyete geçmeden önce kodlanmasında tüm hususların göz önüne alınarak çok iyi değerlendirilmesi ve sistemin ona göre kurgulanması gerekmektedir. Çünkü geliştirilen bir programda olduğu gibi sonradan güncellemeler yayınlayıp, sistem üzerinde değişiklik yapılması ancak kısıtlı hususlarda mümkün olabilmektedir. Dolayısıyla değişen şartlara karşı geliştirilen sistem, güncelliğini koruyamayacağı unutulmamalıdır. Halihazırdaki sistem üzerinde değişiklik yapılmak istenildiğinde yeni bir blokzincir yapısı geliştirilecek ve tüm eski verilerin bu yeni yapıya taşınması gerekecektir. Böyle bir durumda da güvenlik açıklıklarıyla ve farklı bir çalışma mekanizmasına geçilmesinden dolayı zorluklarla karşılaşılabilir. Ancak olumlu bir gelişme olarak, Inter-Blockchain Communication Protocol (IBC) şeklinde adlandırılan blokzincirler arası iletişim protokolü sayesinde, farklı blokzincirlerin birbirlerine bağlanması ve birbirleri arasında işlem yapılması olanağı doğduğu da unutulmamalıdır⁴⁶. Görüldüğü üzere, blokzincir teknolojisi gelişime açıktır ve henüz emekleme aşamasında yeni bir teknoloji olsa da getirilen yenilikler ile birlikte dezavantajların en düşük seviyeye indirilmesi mümkündür.

Herkese açık bir blokzincir türünün tercih edilmesi durumunda, mahremiyet problemi çıkabileceği söylenebilir⁴⁷. Geliştirilecek farklı yollar veya kapalı bir blokzincir türünün tercih edilmesi çözüm olarak tercih edilebilir. Esasen kullanıcıların gerçek kimlikleri blokzincir içerisinde yer almayacak, herkesin kendisine ait cüzdan adresi bulunacaktır. Daha önce işlem yapılmayan bir adresin kime ait olduğunu bilmek mümkün değildir. Ancak daha önce işlem yapılan bir kişinin adresi öğrenileceği için cüzdanı da açığa çıkmış olacaktır. Ancak birden çok adres oluşturulmasına, hatta her işlem için yeni bir adres kullanılmasına herhangi bir engel yoktur.

Karşılaşılabilecek bir diğer sorun, blokzincir teknolojilerinde ortaya çıkabilen çift harcamadır. Çift harcama kavramını kısaca açıklayacak olursak, bir işlem başlatılıp henüz sonuçlanmadan aynı hak üzerinde bir diğer işlemin, hatta birden çok işlemin başlatılması sonucu ortaya çıkan durum şeklinde ifade edilebilir⁴⁸. Belirtmekte yarar var ki, ilkel olarak belirtebileceğimiz blokzincir teknolojilerinden daha komplike blokzincir yapılarının geliştirilmesiyle, çift harcama sorunu eskiye nazaran daha az risk oluşturmakta, hatta sorun olmaktan çıktığı görülmektedir. Benzer bir durum işlem performansı bakımından da geçerlidir. Bitcoin gibi ilkel blokzincir yapılarında saniyede ortalama 7-8 işlem yapılabilirken⁴⁹, gelişmiş blokzincir yapılarında işlemler çok daha hızlı gerçekleştirilebilmekte ve böylece saniyede yapılabilen işlem sayısı artmaktadır.

Son olarak, blokzincir teknolojisinde kullanılan kriptografi oldukça güçlü olsa da kuantum bilgisayar olarak adlandırılan üst düzey bilgisayarlarda, şifrelemenin hızlı bir şekilde çözümlenmesi mümkündür⁵⁰.

⁴⁶ IBC hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. <https://ibcprotocol.org/>.

⁴⁷ ARAALAN, Cemal; Teknik ve Hukuki Boyutlarıyla Elektronik Ödeme Sistemlerinde Siber Güvenlik, Seçkin Yayıncılık, Ankara, Şubat 2021, s. 106 vd.

⁴⁸ ARAALAN, s. 109-110.

⁴⁹ USTA/DOĞANTEKİN, s. 97.

⁵⁰ USTA/DOĞANTEKİN, s. 101.

Hatta bu durumun, geleceğe dönük blokzincir teknolojisini tehdit eden en büyük sorun olduğunu söyleyebiliriz. Henüz bu denli hızlı bilgisayarların geliştirilme aşamasında olduğu ve yaygın olarak kullanılmalarının uzun bir süre alacağı düşünüldüğünde, bu süre içerisinde blokzincir teknolojisinde yapılacak yeniliklerle sorun çözüme kavuşturulabilir. Zaten bu tehlike yakın bir gelecek için değil, uzun vadede karşılaşılabilecek bir sorun olarak görülmektedir. Ayrıca kuantum bilgisayarları günümüzde kullanılan blokzincir yapıları için tehlike oluşturmaktadır. Gelecekte kuantum bilgisayarları ile geliştirilen ve bu bilgisayarlarla şifrelenen blokzincir teknolojileri için kuantum bilgisayarları sorun oluşturmayacaktır⁵¹.

Blokzincir teknolojisine has olmamakla birlikte dijital platformlarda gerçekleştirilebilecek siber saldırılar, kullanıcıların elektronikleşmeye karşı çekimser kalmalarına sebep olmaktadır. Her ne kadar açıklandığı üzere, blokzincir teknolojisi üstün bir güvenlik yapısına sahip olsa da çok yeni sayılabilecek bu teknolojinin tanınmaya ihtiyacı vardır. İnsanoğlu tarih boyunca yeni olan her şeye karşı çekimser yaklaşmış ve alışkanlıklarını değiştirmesi kolay olmamıştır. Günümüz ticaret yapısında önemli bir yere sahip olan çekten elektronik çeki geçişe de tarafların temkinli yaklaşacağı ve henüz çok fazla tanınmayan blokzincir teknolojisine geçişe hevesli olmayacakları düşünülebilir. Ancak hukuki alt yapı ile desteklenen ve taraflara gerekli hukuki korumanın sağlandığı bir sistemin, zamanla kabul göreceğini ve yaygınlaşacağını söyleyebiliriz.

3.4 Blokzincir Teknolojisinin Elektronik Çeki Uygunluğu

Blokzincir teknolojisinin getirdiği yenilikleri ve sağladığı avantajları değerlendirdikten sonra elektronik çek sistemine uygunluğunun da değerlendirilmesi gerekmektedir. Esas itibarıyla hangi teknolojik altyapı seçilmiş olursa olsun ilk aranacak unsur, sistemin sağladığı güvenlik seviyesi olacaktır. Devamında, gerekli ve yeterli güvenliği sağlamakla beraber, tüm kullanıcıların rahatça ulaşabildiği, hatta gerekirse üyelik gerektirmeden kullanılabilen bir sistem olmasıdır. Blokzincir teknolojisinin sunduğu güvenli yapısı ile ister açık ister özel blokzincir türleri seçilsin, belirtilen taleplerin karşılandığı söylenebilir. Verilerin tek bir merkezde toplanıp, bu merkeze yapılacak bir siber saldırı ile oluşabilecek zararlara karşı sunduğu merkeziz yapı da unutulmamalıdır. Ayrıca her bir bloğun kendisinden önce gelen blokların özetini içermesi ve bir nevi tümünü doğrulaması güvenlik seviyesini arttırmaktadır.

Blokzincir teknolojisinin elektronik çeki uygunluğunun yanı sıra, geleneksel kâğıt çeklerde karşılaşılabilen ileri düzenleme tarihli çek sorunu, blokzincir teknolojisiyle ortadan kalkacaktır. Yapılan her işlemin zaman damgası almasıyla çekin düzenlendiği tarih, değiştirilemez bir şekilde sistemde yer alacaktır. Hatta elektronik çekin düzenlendiği cihazda GPS özelliğinin bulunması durumunda, elektronik çekin düzenlendiği yerin de net bir şekilde bilinebilmesi mümkündür.

Geliştirilecek sistemde dikkat edilecek diğer hususlar, zaman ve maliyet üzerinedir. Elektronik ortamda yapılan işlemlerin maliyetinin çok daha düşük olduğu aşikardır. Her bir çek yaprağı için harcanan zaman ve emek ortaya büyük bir maliyet çıkarmaktadır. Elektronik ortamda ise, bir defaya mahsus olmak üzere kurulacak sistem ve alınacak cihazlar haricinde, çok cüzi bir işletim ücreti olacaktır. Zaman konusunda ise, özellikle farklı ülke veya kıtalarda bulunan taraflar nedeniyle, çekin ulaştırılmasında harcanan zaman ortadan kalkacaktır. Böylece çekin elektronik ortamda düzenlenmesi veya devri saniyeler içerisinde gerçekleştirilebilecektir. Ayrıca düzenlenme ve ödeme yerinin farklı olup olmamasının da bir önemi kalmayacaktır. Dolayısıyla geleneksel kâğıt çekte benimsenen düzenlenme yeri ve ödeme yerinin

⁵¹ USTA/DOĞANTEKİN, s. 101.

farklı yer, ülke veya kıtalarda olması sonucu, ödeme için ibraz sürelerinin farklılık göstermesi hususu, elektronik çekle ortadan kalkacak ve tek bir ibraz süresi öngörülebilecektir.

Tüm bu değerlendirmelere ilaveten, eWpG’de, oluşturulacak elektronik kıymetli evrak sisteminde, blokzincir teknolojisinden yararlanılmayı öngörüldüğünü hatırlatmak gerekmektedir. Hatta eWpG’de tüm teknolojilere eşit yaklaşılmakta ve geliştirilebilecek benzer teknolojilerin varlığı halinde, bu teknolojileri de destekleyici bir yaklaşımın benimsendiği görülmektedir⁵².

Önemli bir örnek olarak 2019 yılında Almanya’da, eWpG yürürlüğe girmeden önce, blokzincir altyapısıyla, kağıtsız kısa vadeli hazine bonusu çıkarılmıştır⁵³. Normal şartlar altında ortalama iki gün süren süreç, blokzincir teknolojisiyle bir saat içerisinde gerçekleştirilmiş ve sürenin yanı sıra, işlem ücretlerinde de büyük bir tasarruf sağlandığı görülmüştür⁵⁴. Türk doktrininde de blokzincir teknolojisinin, elektronik çeki uygun bir teknoloji olduğu düşünülmektedir⁵⁵.

3.5 Blokzincir Teknolojisi Tabanlı Elektronik Çek Sisteminin İşleyişi

Blokzincir teknolojisi tabanlı elektronik çek sisteminin öncelikle genel işleyişinin açıklanmasında yarar vardır. Blokzincir teknolojisinin, dağıtık kayıt teknolojisi temelli olduğunu belirtmiştik. Dağıtık kayıt defterinde kendisine ait blokzinciri olan kripto varlıklara coin, kendisine ait blokzinciri olmayan, başka bir coin’in blokzincirini kullanan kripto varlıklara ise token denilmektedir⁵⁶. İster coin ister token olsun, sistem üzerinde bir adresten diğer adrese gönderilmeleriyle, bir nevi devir işlemi gerçekleşmiş olmaktadır. Elektronik çek sisteminde de çeki ilişkin belirlenecek unsurlar sistem ara yüzüne girilecek ve çek düzenlenmiş olacaktır. Aslında bu işlem ile token oluşturulmuş olmaktadır. Yani her bir elektronik çeki, blokzincirde bir token karşılık gelecektir. Token yani elektronik çekin oluşturulmasında akıllı sözleşmelerden yararlanılabilmesi de mümkündür.

Sistemin işleyiş sürecinde ilk olarak bankalar, elektronik çek kullanmak isteyen müşterilerine, geliştirilecek bankacılık arayüzünde elektronik çek hesabı açacak ve aynı zamanda blokzincir içerisinde cüzdan adres oluşturulacaktır. Arayüzde yer alan müşteri bilgileri kısmına, blokzincirde oluşturulan cüzdan adresi kaydedilerek, arayüz ve blokzincir arasında bağlantı kurulmuş olacaktır. Elektronik çekte, geleneksel kâğıt çek hesabının açılması sırasında istenilen bilgi ve belgelere ilaveten, güvenli elektronik imzaya veya elektronik kimlik doğrulama yöntemiyle oluşturulan kayda ilişkin bilgilerin ve gerekli olan araçların da temin edilmesi gerekecektir. Ayrıca elektronik çeki ilişkin yapılacak tüm işlemlerde de, güvenli elektronik imza veya elektronik kimlik doğrulama yöntemiyle oluşturulan kayıt ile onay istenilmesi, sistem güvenliğini arttıracaktır.

Müşteri, elektronik çek düzenlemek istediğinde, banka arayüzünde elektronik çekte bulunması gereken zorunlu unsurları girecek ve böylece blokzincirde hangi adresten hangi adrese ne kadarlık bir meblağ için çek düzenlenmek istenildiği belirtilmiş olacaktır. Benzer şekilde, çekin cirosu söz konusu olduğunda, kime ciro edilecekse o kişiye ait müşteri numarasının bankacılık arayüzüne girilmesiyle, sistem o kişinin blokzincir cüzdan adresine müşteri bilgilerinden ulaşıp, gönderim işlemini gerçekleştirecektir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, ciro için bankacılık hizmetleri sözleşmesi ile

⁵² YÜCE, s. 733-734; ATAKAN, s. 545.

⁵³ ATAKAN, s. 545-546.

⁵⁴ ATAKAN, s. 546.

⁵⁵ TEVETOĞLU, Elektronik Çek ve Bono, s. 71; ATAKAN, s. 547-548; ÇOTUKSÖKEN, s. 7-8.

⁵⁶ Coin ve token kavramlarıyla türleri hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. TEVETOĞLU, s. İlk Arz, 45 vd.

birlikte kullanıcı ve banka arasında elektronik çek sistemi kullanımı için de sözleşme yapılması gerekecek, aksi takdirde elektronik çek kullanmayan veya kullanmak istemeyen müşterilere ciro işlemi gerçekleştirilemeyecektir. Böyle bir durumda elektronik çekin geleneksel kâğıt çeke dönüştürülüp, ciro işleminin gerçekleştirilmesi yoluna başvurulabilir.

Bir diğer önemli nokta, elektronik çek sistemlerinde çekin cirosu gerçekleştirilirken kime ciro edildiğinin bilinmesi, bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü sistem üzerinde devir işleminin yapılabilmesi için devir işleminin kime yapıldığının belirtilmesi gerekecektir. Dolayısıyla elektronik çekte beyaz ciro mümkün değildir ve sadece tam ciro yapılabilecektir⁵⁷. İlâveten elektronik açık çek düzenlenmesi, geleneksel kâğıt çeklerde olduğu gibi yalnızca imza atılarak tedavüle çıkarılması şeklinde mümkün olmayacaktır⁵⁸. Bu husus, sistemin düzenlenme yeri ve özellikle tarihi otomatik alacak olmasının ve lehtarın blokzincir cüzdan adresine gönderim gerçekleştirilebilmesi için lehtarın bilinmesinin zorunlu olmasının bir sonucudur.

Muhatap bankaya ibrazda ise, ara yüzde yer verilebilecek muhataplar kısmından banka seçilip, banka blokzincir adresine gönderim işlemi yapılabilecektir. Burada önem arz eden husus, çekin karşılıksız çıkması durumudur. Eğer muhatap bankaya yapılan talep sonucunda çekin karşılığı mevcut ise banka, müşteriye ait ara yüzdeki IBAN'a çek karşılığı bedeli gönderip işlem sonuçlanmış olacaktır. Hatta bu işlemin akıllı sözleşmeler vasıtasıyla tamamen otomatik bir şekilde yapılması dahi mümkündür. Ancak çekin karşılığı bulunmadığı hallerde, blokzincir teknolojisinde yapılan işlemlerin geri alınamayacak olmasından dolayı, müşterinin blokzincir cüzdan adresinden token -bir diğer deyişle çek- çıkmış olacaktır. Bu duruma, bir nevi çekin zilyetliğinin kaybı şeklinde söylemek de mümkündür. Böyle bir durum için yine akıllı sözleşmelerden yararlanmak ihtimal dahilindedir. Müşteri, muhatap bankaya çek bedelinin ödenmesi talebini arayüz vasıtasıyla blokzincir üzerinden gönderdiğinde, çek karşılıksız ise, otomatik olarak akıllı sözleşmenin devreye girip, blokzincir üzerinde yeni bir token üretilmesi ve müşterinin blokzincir adresine gönderilmesi sağlanabilir. Hatta çekin belli bir kısmının karşılıksız çıkması durumunda da benzer bir yol izlenip, akıllı sözleşmede sadece karşılıksız kalan miktarın esas alınması kodlanarak, işlemin gerçekleştirilmesi mümkündür. Hamilin kısmi ödemeyi kabul etmemesi halinde ise, çek bedelinin karşılıksız çıkması durumunda izlenen yol uygulanabilir.

Kripto para geliştiricileri bazı durumlarda, kendi token değerlerini koruyabilmek adına, token yakma (token burning) denilen bir yola başvurabilmektedir. Böylece var olan token miktarı geri dönülmez üzere yakılmış, bir diğer deyişle yok edilmiş olmaktadır. Benzer şekilde, elektronik çekin iptali veya karşılığının ödenmesi durumunda da blokzincir üzerinde oluşturulan token, yakma işlemi gerçekleştirilerek geri dönülmez bir şekilde yok edilmiş olacaktır. Dikkat edilmesi gereken nokta, elektronik çekin iptali ve geleneksel kâğıt çeke ilişkin hükümlerde yer alan cayma birbirine karıştırılmamalıdır. Elektronik çekte yer alan iptal hukuki değil, teknik bir iptaldir⁵⁹. Elektronik çeklerin sistem üzerinden takip edilebilecek olmasının sonucu olarak, çek hesabının karşılıksız olması durumunda muhatap banka tarafından iptal işlemi gerçekleştirilebileceği gibi, çek ibraz edilene kadar hamil tarafından da elektronik çekin iptali söz konusu olabilecektir⁶⁰. Ancak teknik anlamda iptal için izlenen yolun elektronik çekten cayma içinde uygulanması mümkündür. Cayma işleminin, iptal işleminden tek farkı düzenleyen tarafından gerçekleştirilecek olmasıdır.

⁵⁷ TEVETOĞLU, Elektronik Çek ve Bono, s. 65; ATAKAN, s. 566; ÇOTUKSÖKEN, s. 4.

⁵⁸ ATAKAN, s. 565-566.

⁵⁹ TEVETOĞLU, Elektronik Çek ve Bono, s. 56-57.

⁶⁰ TEVETOĞLU, Elektronik Çek ve Bono, s. 56-57.

Elektronik çekte aval işlemi, hangi çek için kimin lehine aval verildiği ve aval veren kişiye ait bilgilerin sistem arayüzüne girilip, blokzincir üzerinde kayıt altına alınması şeklinde gerçekleştirilebilecektir. Avalın, blokzincir üzerinde aval veren kişinin cüzdan adresinden, hamilin cüzdan adresine yapılacak işlemle kayıt altına alınmasını sağlamak mümkündür.

Son olarak, blokzincir tabanlı elektronik çekte haciz işlemine değinmekte yarar vardır. İlk olarak, sistem arayüzünde hacze ilişkin kayıtlar girilip, muhatap bankanın blokzincir cüzdan adresine elektronik çek bedelinin hamile ödenmemesi veyahut da, çekin tahsili halinde tahsilatı alan bankanın bedeli ilgili icra dairesinin IBAN adresine aktarması talep edilebilir. Ayrıca elektronik çekin düzenlenmesi, ciro edilmesi, aval verilmesi, iptali ve haczi gibi elektronik çekerle ilişkin yapılan tüm işlemlerin, blokzincir üzerinden tüm ilgililere bildirilmesi uygun olacaktır. Böylece yapılan bildirimlerin blokzincir üzerinden gerçekleştirilmesiyle, zaman damgası vurulacak ve kayıt altına alınacaktır. Yine tüm bu işlemlerde akıllı sözleşmelerden yararlanmak mümkündür. Kurulacak sistemin UYAP ile entegre çalışmasının sağlanması da doğru bir yaklaşım olacaktır.

3.6 Sistemde Karşılaşılabilecek Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Blokzincir teknolojisi tabanlı elektronik çek sisteminde karşılaşılabilecek teknik sorunlara geçmeden önce, elektronik çekerle ilişkin karşılaşılabilecek bazı sorunlara değinmekte yarar vardır. İlk olarak, insanoğlu yeniliklere karşı her zaman ön yargılı yaklaşmış ve geleneksel yöntemlerden vazgeçmek istememiştir. Özellikle çek ve bono gibi kıymetli evrakların elektronikleşmesinin kabul görmesi güç bir değişikliktir. Geleneksel kâğıt kıymetli evrakların sahip oldukları ve barındırdıkları değerin bir kâğıt parçası dahi olsa, fiziken bulunan yazılı bir metinde olması, her zaman akla daha yatkın gelecektir. Kripto para varlıklara karşı olan bakış açısının dahi, on yıla aşkın süre geçmesine rağmen yeni yeni değiştiği görülmektedir. Bir diğer örnek olarak, yine uzun yıllardır örnekleri bulunsa da genel kabul görmemiş bir kıymetli evrak olan elektronik konişmentodur. Birçok farklı örneği bulunmasına rağmen, ticari hayatta hala geniş bir uygulama alanı bulamamış ve kabul gördüğünü söylemekten çok uzaktır⁶¹. Esasen bu husus, toplumun her alanında elektronikleşmeye, yani değişime karşı olan bir dirençtir. Ancak Covid-19 küresel salgını ile insan hayatında kısa sürede gerçekleşen birçok değişim, elektronikleşmeyi isteğe bağlı olmaktan öte, zorunluluk haline getirmiş ve böylece salgının elektronikleşme adına pozitif bir etkisinin olduğu söylenebilir.

Kıymetli evrakın elektronikleşmesi noktasında toplumdaki ön yargının aşılması için atılacak en önemli adım, hukuki zeminin oluşturup, elektronik kıymetli evraka karşı güven aşılmasından geçmektedir. Dolayısıyla bu tür yeniliklere karşı hukuk düzeni teşvik edici olmalı, kısıtlayıcı bir tavır sergilememelidir. Ayrıca getirilecek düzenlemelerde hem günümüz teknolojileri göz önüne alınıp hem de gelecekte geliştirilebilecek yeni teknolojilerin olabileceği gözden kaçırılmadan tüm teknolojilere açık bir yapı olan, teknolojik tarafsızlık ilkesi benimsenmelidir. İlaveten, geleneksel kâğıt kıymetli evraklar ile elektronikleri arasında işlevsel denklik yaklaşımı benimsenmeli, hukuki açıdan elektronik kıymetli evraklar, kâğıt muadilleri ile işlevsel olarak eşit tutulmalıdır.

Bir diğer önemli husus, elektronikleşmede tüm sürecin dijital ortama aktarılmasıyla, asıl istenen sonuç elde edilecek olmasıdır. Yoksa bir elektronik çekin tedavüle çıkarılmasından sonra, cirantalara devri veya herhangi bir aşamada geleneksel kâğıt çekerle dönüştürülmesi zorunluluğu halinde, tam olarak bir dijitalleşmeden söz edilemez. Tabi ki gerekli olduğunda elektronik çekin, geleneksel kâğıt çekerle veya tam tersi şekilde dönüşümünün hukuken mümkün olması gerekmektedir. Hatta böyle bir düzenlemenin,

⁶¹ Elektronik konişmentonun gelişimi ve örnekleri için bkz. BER, Elektronik Konişmento.

tarafları elektronik çeke teşvik edeceği ve esneklik sağlayacağı söylenebilir. Ancak elektronik ortamda düzenlenen bir kıymetli evrakın fiziki ortama hiç taşınmadan varlığının sonlanması, yani tamamen elektronik ortamda kalması ne oranda sağlanırsa, o nispette başarılı olacağı düşüncesindeyiz.

Blokzincir teknolojisinin sağladığı avantajların yanı sıra, barındırdığı bazı dezavantajların da olduğu bilinen bir gerçektir. İlaveten, blokzincir teknolojisi tabanlı bir elektronik çek sisteminde de bazı sorunlarla karşılaşılması muhtemeldir. Bu sorunlardan ilki, blokzincir teknolojisinin çalışma şekline kaynaklanmaktadır ve sorun, blokzincir üzerindeki verilerde herhangi bir değişiklik yapılamaması veyahut da silinememesidir. Elektronik çekin bazı unsurlarının hatalı olması veya herhangi bir sebeple yanlış düzenlenmesi halinde iptali veya düzeltilmesi gerekecektir. Blokzincir üzerinde tedavüle çıkan bir veri olarak elektronik çek, ancak token yakma (token burning) işlemiyle iptal edilebilir. Veri üzerinde değişiklik yapılabilmesi mümkün olmayacağı için elektronik çekin değiştirilmesi mümkün değildir. Hatta sorunun elektronik çekin lehtara gönderilmesinden sonra fark edilmesi halinde, blokzincir teknolojisinde yapılan işlemlerin geri alınmazlığı sebebiyle iptali de mümkün olmayacaktır. Dolayısıyla burada ancak muhatap bankaya blokzincir üzerinden yapılacak bir bildirim ile elektronik çek bedelinin ödenmesinin engellenmesi söz konusu olabilir. Yine elektronik çekin devrinin engellenmesine yönelik, lehtarın sistem arayüzü aracılığıyla bilgilendirilmesi ve blokzincirde elektronik çek yerine geçene token'ı yakması istenebilir. Sistem her an gözlemlenebileceği için lehtarın token yakma işlemini gerçekleştirmek yerine ciro veya ibraz etmeye çalışması durumunda sistem arayüzüne erişimi engellenebilir. Böylece blokzincir cüzdanına ulaşamayacağı için bir nevi hesabı dondurulmuş olacaktır.

Blokzincir teknolojisinde yapılan işlemlerin geri alınmazlığı nedeniyle yapılan her işlem, sonsuza kadar blokzincir üzerinde yer alacaktır. Unutulma hakkı kapsamında düşünüldüğünde, geliştirilen blokzincir yapısına bağlı tüm bilgisayarlar devre dışı bırakılmadığı müddetçe erişimin engellenmesi mümkün değildir. Ayrıca blokzincirin tamamının bulunduğu bir bilgisayarın kapalı geçen belli bir süre sonra tekrar aktif hale getirilmesiyle, tekrar tüm veriye erişim sağlanabilir. Bu kapsamda bir diğer önemli husus, sistemin şeffaf yapısı sebebiyle mahremiyet sorununun, özellikle de ticari şirketlerin yaptıkları gizli yatırımlar karşılığı sistemi kullanılarak gerçekleştirdikleri işlemlerin ortaya çıkacak olmasıdır. Sistem üzerinde yapılan tüm işlemlerin gözlemlenebilir ve takip edilebilir olması hem taraflar hem de devletler için bir avantaj olsa da, bazı durumlarda istenilmeyen bir yapı olarak değerlendirilebilir. Ancak ticari kaygıların varlığı halinde taraflar pekâlâ geleneksel kâğıt çek kullanımını yoluna gidebilirler. Bu durum sistemin bir dezavantajı olarak görülebilecekse de, özellikle kayıt dışılığı önleyecek ve takip edilebilirliği sağlayacak olması düşünüldüğünde, sistemin sağladığı avantajın daha ağır bastığı söylenebilir.

Sistemde karşılaşılabilecek bir diğer sorun, blokzincir cüzdanına sadece özel anahtar (private key) ile ulaşılabilir olması ve sistemde yedeğinin bulunmamasından dolayı, kullanıcının özel anahtarını kaybetmesi durumunda, cüzdana hiçbir şekilde erişemeyecek olmasıdır. Bu sorun, sistem arayüzünde özel anahtarın bir kopyasının saklanması sağlanarak çözüme kavuşturulabilir. Her ne kadar böyle bir yolun tercih edilmesi blokzincir teknolojisinin mantığına ters ve güvenlik zafiyetine sebep olabilecek bir yaklaşım olsa da, farklı bir çözüm yolu geliştirilene kadar, tercih edilebilmesi mümkündür.

Son olarak, elektronik çek sisteminin işleyişinden kaynaklanan sorunlar nedeniyle, meydana gelebilecek olası zararlarda sorumluluğa ilişkin hükümlerin açıkça düzenlenmesi gerekmektedir. Özellikle, açık blokzincir ağlarının tercih edilmesi halinde, bu husus daha da önem arz edecektir. Ayrıca oluşturulacak arayüzün işleyişinin ve güvenliğinin sağlanması için Takasbank ve BKM gibi altyapıların oluşturulması

ve sorumluluk alanlarının açık hükümlerle düzenlenmesi gerekmektedir⁶². Bu bağlamda, blokzincir teknolojisi tabanlı elektronik çek sisteminde blokzincir yapısına ek olarak, birde sistem arayüzüne ihtiyaç duyulacağı görülmektedir. Esasen bu durum, diğer blokzincir uygulamaları olan kripto varlıklar için de geçerlidir. Geliştirilen her kripto varlıkta kullanıcıların blokzincire bağlanabilmeleri veya cüzdanlarına erişebilmeleri için gerekli arayüzün yer aldığı bir siteye ihtiyaç duyulmaktadır. Belirtmekte yarar var ki, yapılan tüm işlemlerin blokzincirde kayıt altına alınıp, zaman damgası vurulacağı için arayüze dışarıdan müdahale edilse dahi, blokzincir üzerindeki verilerin değiştirilmesi mümkün değildir ve blokzincirdeki kayıtlar esas alınacaktır.

Doktrinde elektronik çekerle ilişkin getirilen önemli bir öneri, limitli elektronik çek kavramıdır⁶³. Çekin karşılıksız çıkması halinde bankaların her bir çek yaprağı için ödemekle yükümlü oldukları sorumluluk miktarı, günümüz şartlarında son derece düşük kalmaktadır. Esasen elektronik çekle birlikte çek hesabının ve düzenlenen çeklerin her an takip edilebilmesi mümkün olduğu için, muhatap bankaların riskli işlemlerde hızlı bir şekilde çek hesabını bloke etme ve yeni çek düzenlenmesini engelleme imkânı olacaktır.

Limitli çek uygulamasında, kredi kartlarına benzer şekilde, çekler için de müşteri limiti belirlenmesi önerilmektedir⁶⁴. Böylece müşterinin her bir çek yaprağı için belirleyeceği azami miktar banka tarafından tespit edilecek ve böylece bu miktarın üzerinde çek düzenlenmek istenildiğinde, sistem izin vermeyecektir⁶⁵. Getirilecek bu kuralın dolaylı olarak elektronik çekerle karşı ayrı bir güven duyulmasını da sağlayacağı söylenebilir. Dolayısıyla bu önerinin blokzincir teknolojisi tabanlı elektronik çek sisteminde de uygulanması isabetli olacaktır. Sistem arayüzünde kullanıcılara her bir çek için düzenleyebilecekleri azami miktar belirtilip, bu miktarın üzerinde bir değer girilmesine izin verilmeyecek şekilde limitli çek önerisinin uygulanması mümkündür.

4 Sonuç

Ticari hayatta uzun süredir varlıklarını devam ettiren ve kabul gören kambiyo senetlerinin elektronik ortama aktarılmasının zor bir süreç olacağını düşünmek mümkündür. İnsanoğlunun çağlar boyu eski alışkanlıklarına bağlı kalma eğilimi ve özellikle kambiyo senetlerinin ihtiva ettiği değerler düşünülduğünde bu sonuca varmak olağandır. Ancak gelinen noktada, özellikle elektronik çekin, ihtiyaçtan da öte zorunluluk haline geldiğini düşünmekteyiz. Bu bağlamda hem yabancı hukuk sistemlerinde hem de hukuk sistemimizde gerekli kanun teklifi çalışmaları yapıldığı görülmektedir. Ayrıca elektronik çekerle ilişkin getirilecek yeni hükümler nedeniyle, mevzuatta ilgili bazı hükümlerde değişiklik yapılması ihtiyacı da doğacaktır.

Dijitalleşme adına atılan adımlarda her ne kadar gerekli hukuki zeminin sağlanarak taraflara güven aşılması önemliyse de, tercih edilecek teknoloji de büyük önem arz etmektedir. Çalışmada incelediğimiz blokzincir teknolojisinin, oluşturulacak elektronik çek sisteminde tercih edilebileceği kanaatine varmış bulunmaktayız. Benzer düşüncenin Türk doktrininde ve diğer hukuk sistemlerinde de yer aldığı görülmektedir.

Blokzincir teknolojisinin sahip olduğu avantaj ve dezavantajlar değerlendirildiğinde, özellikle elektronik çek için kurulacak bir sistem özelinde düşünersek, avantajlarının daha ağır bastığı söylenilebilir. Ayrıca belirttiğimiz dezavantajların birçoğunun çözüm yolları bulunmakta ve hatta ilerleyen süreçte tamamen ortadan kalkabilecekleri düşüncesindeyiz. İlâveten blokzincir teknolojisinin

⁶² KURT, s. 124.

⁶³ ATAKAN, s. 572 vd.

⁶⁴ ATAKAN, s. 574.

⁶⁵ ATAKAN, s. 574.

henüz emekleme aşamasında çok yeni bir teknoloji olduğu da unutulmamalıdır. Günümüze kadar geçen kısa süre içerisinde dahi birçok noktada getirilen iyileştirmeler, bu hususu doğrulamaktadır.

Blokzincir teknolojisi tabanlı elektronik çek sistemi için önerdiğimiz model, genel kapsam dahilinde açıklanmaya ve karşılaşılabilecek sorunlara karşı çözüm yolları sunulmaya çalışılmıştır. Her ne kadar sistemin işleyişine ilişkin tüm hususlar ayrıntılı olarak değerlendirilmemişse de, temel hususlar açıklığa kavuşturulup, blokzincir teknolojisi tabanlı bir elektronik çek sisteminin işleyişinin nasıl olacağı açıklanmıştır. Türk hukuk sisteminde çek ile birlikte bononun da elektronik ortama aktarılması ve bir bütün olarak, elektronik çek ve bono sisteminin kurulması istendiği görülmektedir. Dolayısıyla geliştirdiğimiz elektronik çek modeline, bonoya ilişkin hükümler dikkate alınarak gerekli düzenlemeler yapıp, bononun da sisteme dahil edilmesi mümkündür.

Kısaltmalar

BKM	: Bankalararası Kart Merkezi
bkz.	: bakınız
EÇBKT	: Elektronik Çek ve Bono Kanunu Teklifi
EİK	: 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu
eWpG	: Gesetz über elektronische Wertpapiere (Alman Elektronik Kıymetli Evrak Kanunu)
ÇekK	: 5491 sayılı Çek Kanunu
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
HMK	: 6100 sayılı Hukuku Muhakemeleri Kanunu
IBAN	: International Bank Account Number (Uluslararası Banka Hesap Numarası)
IBC	: Inter-Blockchain Communication Protocol (Blokzincirler Arası İletişim Protokolü)
İİK	: 2004 sayılı İcra ve İflas Kanunu
m.	: madde
MERSİS	: Merkezi Sicil Kayıt Sistemi
MLETR	: Uncitral Model Law on Electronic Transferable Records (Elektronik Olarak Devredilebilir Kayıtlara İlişkin UNCITRAL Modeli Kanunu)
PoS	: Proof of Stake (Hisse İspatı)
PoW	: Proof of Work (İş/Emek İspatı)
P2P	: Peer to Peer File Sharing System (Uçtan Uca Dosya Paylaşım Sistemi)
s.	: sayfa
T.C.	: Türkiye Cumhuriyeti
TCKN	: Türkiye Cumhuriyeti Kimlik Numarası
TBK	: 6098 sayılı Türk Borçlar Kanunu
TTK	: 6102 sayılı Türk Ticaret Kanunu
UNCITRAL	: United Nations Commission on International Trade Law (Birleşmiş Milletler Uluslararası Ticaret Hukuku Komisyonu)
UYAP	: Ulusal Yargı Ağı Bilişim Sistemi
vd.	: ve devamı

5 Beyanname

5.1 Rakip Çıkarlar

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

5.2 Yazarların Katkıları

Çalışmanın tamamı Sorumlu Yazar Ahmet Said BER tarafından gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

AKSOY, Ömer Cem; “Türkiye’de Çek Takası ve Çek Takası Verileri Işığında Çek Kullanımının İncelenmesi”, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Uzmanlık Tezi, Ankara, Haziran 2016.

AKSOY, Nazım; “Elektronik Çek’e İlişkin Kanun Çalışmalarına Yönelik Türk Ticaret Kanunu (645, 756, 780, 1526) ile İcra İflas Kanunu’nun (167) İlgili Madde Hükümleri Açısından Güncel Bir Bakış, Ticaret ve Fikri Mülkiyet Hukuku Dergisi, Cilt: 7, Sayı: 2, 2021, s. 179-191.

ARAALAN, Cemal; Teknik ve Hukuki Boyutlarıyla Elektronik Ödeme Sistemlerinde Siber Güvenlik, Seçkin Yayıncılık, Ankara, Şubat 2021.

ATAKAN, Murat Can; “Kıymetli Evrak Hukuku’nda Yeni Bir Öneri: Elektronik Çek. Alman Elektronik Kıymetli Evrak Kanunu Tasarısı (Ewpge-E) Işığında Bir İnceleme”, Yargıtay Dergisi, Cilt: 47, Sayı: 2, Nisan 2021, s. 541-580.

BAYTEMÜR, Deniz; Elektronik Kambiyo Senetleri, Yetkin Yayınları, Ankara, Temmuz 2021.

BER, Ahmet Said; Elektronik Konişmento, Seçkin Yayıncılık, Ankara, Ağustos 2018, (Anılış: Elektronik Konişmento).

BER, Ahmet Said; “Elektronik Olarak Devredilebilir Kayıtlara İlişkin UNCITRAL Model Kanunu (Çeviri)”, Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Cilt: 1, Sayı: 2, Aralık 2019, s. 445-452, (Anılış: UNCITRAL Model Kanunu).

ÇAĞLAYAN AKSOY, Pınar; Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları, On İki Levha Yayıncılık, 2. Baskı, İstanbul, Ekim 2021.

ÇOTUKSÖKEN, Emre; “Dijitalleşme, Elektronik Çek ve Blockchain İlişkisi”, Finans Hukuku Gündemi Dergisi, Sayı: 4, Temmuz 2020.

DEMİRCİ, Serdar; “Türk Hukukunda Elektronik Çeke Doğru, Dünü ve Bugünüyle “Çek”, Ankara Barosu Dergisi, Cilt: 78, Sayı: 1, Yıl: 2020, s. 1-47.

GÜN, Umut; Blockchain (Blokzinciri) Teknolojisinin Bankacılık ve Finans Hukuku Çerçevesinde Değerlendirilmesi, On İki Levha Yayıncılık, İstanbul, Ağustos 2021.

İMREGÜN, Oğuz; Kıymetli Evrak Hukuku (Genel Hükümler-Kambiyo Senetleri-Makbuz Senedi-Varant), Filiz Kitabevi, 2. Bası, İstanbul, 1998.

KARABIYIK, Ayşegül; “Alternatif Ödeme Aracı Olarak: Elektronik Çek Sistemi (E-Çek)-1”, Muhasebe ve Finansman Dergisi, Sayı: 38, Yıl: 2008, s. 80-94, (Anılış: E-Çek 1).

KARABIYIK, Ayşegül; “Alternatif Ödeme Aracı Olarak: Elektronik Çek Sistemi (E-Çek)-2”, Muhasebe ve Finansman Dergisi, Sayı: 39, Yıl: 2008, s. 155-166, (Anılış: E-Çek 2).

KAYIHAN, Şaban; Kıymetli Evrak Hukuku, Seçkin Yayıncılık, 8. Baskı, Ankara, Eylül 2021.

- KENDİGELEN, Abuzer; Çek Hukuku, On İki Levha Yayıncılık, Gözden Geçirilmiş ve Güncelleştirilmiş 6. Bası, İstanbul, Nisan 2021.
- KURT, Eda; Karşılıksız Çek Keşide Edilmesine Karşı Alınabilecek Hukuki Tedbirler ve Elektronik Çek Uygulaması, On İki Levha Yayıncılık, İstanbul, Haziran 2021.
- ÖZSOY, İlker Mete; Kripto Para Haczi, Seçkin Yayıncılık, Ankara, Mayıs 2021.
- PULAŞLI, Hasan; Kıymetli Evrak Hukukunun Esasları, Adalet Yayınevi, Tamamı Gözden Geçirilmiş ve Genişletilmiş 9. Baskı, Ankara, Eylül 2021.
- SEÇKİN, Nedret; Uluslararası Ticarete Elektronik Belgeler ve E-İmza, On İki Levha Yayıncılık, İstanbul, Haziran 2017.
- SERT, Turan; Sorularla Blockchain, <https://bkm.com.tr/wp-content/uploads/2015/06/Sorularlablockchain.pdf>, (16.05.2022).
- TEVETOĞLU, Mete; “Elektronik Çek ve Bono Kanunu Teklifi ile Yapılması Planlanan Düzenlemelere Dair Düşünceler”, Bilişim Hukuku Dergisi, Cilt: 3, Sayı: 1, Yıl: 2021, s. 31-75 (Anılış: Elektronik Çek ve Bono).
- TEVETOĞLU, Mete; “Ethereum ve Akıllı Sözleşmeler”, İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Cilt: 12, Sayı: 1, Yıl: 2021, s. 193-208, (Anılış: Ethereum).
- TEVETOĞLU, Mete; Hukuki Yönleriyle Kripto Varlıklar ve Kripto Varlıkların İlk Arzı, Aristo Yayınları, 2. Baskı, İstanbul, Eylül 2021, (Anılış: İlk Arz).
- TURANBOY, Asuman; Kripto Paraların Ortaya Çıkmaları ve Hukuki Nitelikleri, Banka ve Ticaret Hukuku Dergisi, Cilt: 35, Sayı: 3, Eylül 2019, s. 47-62.
- TOPALOĞLU, Mustafa; “Elektronik Ticarete Ödeme Sistemleri: Kredi Kartları, Elektronik Para, Elektronik Çek”, Terazi Hukuk Dergisi, Cilt: 12, Sayı: 130, Haziran 2017, s. 70-80.
- USTA, Ahmet/DOĞANTEKİN, Serkan; Blockchain 101 v2, BKM Yayınları, 2018.
- YÜCE, Aydın Alper; “9 Haziran 2021 Tarihli Alman Elektronik Kıymetli Evrak Kanunu (eWpG) Üzerine Düşünceler”, İstanbul Hukuk Mecmuası, Cilt: 79, Sayı: 3, Yıl: 2021, s. 729-759.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Bakır Bara ve Flex Örgü Birleşiminde Kullanılan Direnç Nokta Kaynağı Optimizasyonu

Burak ÇAKIR^{1*} , Seyfi Ali SARIKAYA² , Hakan AVCI³ , Alparslan BAYRAKTAR⁴ 

¹ Makine Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, g180906038@subu.edu.tr

² AR-GE, Federal Elektrik Yatırım ve Ticaret A.Ş. , Sakarya, sseyfisarikaya@gmail.com

³ AR-GE, Federal Elektrik Yatırım ve Ticaret A.Ş. , Sakarya, hakan.avci@ogr.sakarya.edu.tr

⁴ AR-GE, Federal Elektrik Yatırım ve Ticaret A.Ş. , Sakarya, bayraktaralparslan@yahoo.com

ÖZ

Bu çalışmanın amacı enerji iletim sektöründe ki bakır bara ve flex örgü birleşiminde kullanılan direnç nokta kaynağında parametre optimizasyonu yapmaktır. Bu sayede meydana gelebilecek olan enerji iletim kayıplarını da en aza indirmek mümkün olabilecektir. Bu kapsamda şalterlerde kullanılan bara ve flex örgülerin kaynak işlemleri 500 kVA'lık elektrik direnç nokta kaynak makinesinde gerçekleştirilmiştir. Kaynak akım şiddeti ve kaynak süresinin elde edilen bağlantıların dayanımına olan etkileri incelenmiştir. Sonuçta kaynak akım şiddetinin aşırı yüksek olması halinde malzemede hasar olduğu, kaynak süresinin düşük seviyede olması halinde ise yetersiz kaynak nüfuziyeti olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen kaynaklı bağlantıların çekme testleri yapılarak kopma dayanımları ile kaynak parametreleri arasındaki ilişki belirlenmiştir. Bu çalışmalar ile birlikte Air Circuit Braker olarak bilinen 1200A 415 V şalter 'de uzun süreli çalışma koşullarında fazların çalışma sıcaklıklarının düşürülmesi hedeflenmiş ve bu amaca yönelik çalışılmıştır. Şalterin testi Uluslararası Yüksek Güç Test Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Test 1200 A de 5 V değerlerinde, ortam sıcaklığı 19,8 °C derece alınarak yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda şalterin faz giriş ve çıkış noktalarındaki sıcaklıklar deney öncesinde 65 °C iken yapılan araştırma ve geliştirme işlemleri ardından 50 °C değerine ulaşılmıştır. Kaynak işlemleri 340 A ile 400 A aralığında ve kaynak süresi ise 20 ms ile 30 ms arasında değiştirilerek çalışma yapılmıştır. Belirtilen aralıkta çalışma yapılmasının sebebi $Q = I^2 * R * t * K$ denklemi ile K ve R sabit alınarak 3100 Joule için değer kümesi oluşturulmuştur. Yapılan kaynak işleminin nüfuziyetinin değerlendirilmesi amacıyla yönelik birleştirilen malzemeler çekme testine tabi tutulmuş olup sonuçlar kg olarak elde edilmiştir.

Keywords: Direnç nokta kaynağı, Bakır bara, Çekme dayanımı

ABSTRACT

The purpose of this study is to optimize parameters in the resistance point source used in the copper bar and flex knit combination in the energy transmission sector. This will also minimize the energy transmission losses that can occur. In this context, welding operations for the bus and flex braids

* Corresponding Author : g180906038@subu.edu.tr

used in the switches have been carried out on the 500 kVA electrical resistance spot welder. The effects of source current and source time on the strength of the connections obtained have been studied. The result is that if the source current is too high, the material is damaged and if the source time is low, insufficient resource penetration has been observed. The relationship between the break-out resistance and the source parameters is determined by performing the pull tests of the welded connections obtained. After the operations indicated, the work has continued for optimal welding and new source parameters for assembly are being applied in production. The purpose of this study is to optimize parameters at the resistance point source used in the copper bar and flex-knit combination in the energy transmission sector. This will also minimize the energy transmission losses that can occur. In this context, welding operations for the bus and flex braids used in the switches have been carried out on the 500 kVA electrical resistance spot welder. The effects of source current and source time on the strength of the connections obtained have been studied. The result is that if the source current is too high, the material is damaged and if the source time is low, insufficient resource penetration has been observed. The relationship between the break-out resistance and the source parameters is determined by performing the pull tests of the welded connections obtained. In combination with these studies, the 1200A 415 V switch, known as Air Circuit Braker, is intended to reduce phase operating temperatures in long-term operating conditions and is intended for this purpose. The test of the switch was performed at the International High Power Test Laboratory. Test 1200A was performed at 5 V, with ambient temperature set at 19.8 °C degrees. As a result of the work carried out, the temperature at the phase entry and exit points of the switch was reached at 50°C after the research and development of 65°C prior to the experiment. Welding operations have been carried out in the range 340 a to 400 a and the source time has been changed from 20 ms to 30 ms. The reason for the operation in the specified range is because of the equation $Q = I^2 * R * t * K$, and the value set for 3100 Joules were set by taking K and R constant. The combined materials for the purpose of assessing the influence of the welding process were subjected to a pull test and results were obtained in kg.

Keywords: Resistance spot welding, Copper bar, Pull strength

1 Giriş

Bakır elementinin M.Ö 4000 yılında kullanılmaya başlandığı düşünülmektedir. Bakır-kalay alaşımı olan bronz M.Ö. 2400 yılından itibaren, bakır çinko alaşımı pirinç ise iki bin yıldan uzun bir süreden beri kullanılmaktadır (Koçak, H. 2006).

Mühendislik malzemesi olarak bakırın yaygın olarak kullanılmasını yüksek korozyon dayanımı, iyi derecede elektrik ve ısı iletkenliği, görünüşü, şekil ve mukavemetlendirilme kabiliyetlerinin iyi olmasına bağlayabiliriz. (Sun, A. C. vd., 2007). Metaller içinde gümüşden sonra en iyi iletkenliğe sahip metal bakırdır. Bu sebeple enerji aktarımının önemli olduğu alanlarda bakır tercih edilmektedir (Caven, R.W., vd. 1991).

Özgül ve ark. (Özgül, H. G. vd., 2018). yaptığı çalışmada Al 5754-H111 alüminyum alaşımının elektrik direnç yöntemi ile birleştirilme operasyonu ile ilgili çalışmalarda bulunmuşlardır. Yaptıkları gözlem sonuçlarında bağlantıların mukavemetlerini belirlemek adına çekme testine tabi tutmuşlardır. Kaynak parametrelerinin mukavemet üzerine etkilerini incelemiştirlerdir. Yıldırım ve ark. (Yıldırım, M., vd., 2019) yaptığı çalışmada yüksek mukavemet ve korozyon dayanımı sebebi ile uzay ve çeşitli endüstrilerde kullanılan titanium plakalar üzerinde çalışmıştır. Yaptıkları çalışmada elektrotlara; 3 ve 6 kN yük uygulamış, kaynak akımı olarak 3,5 ve 7 kA ve kaynak süresi olarak ise 30 çevrime kadar çıkmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda optimum kaynak parametrelerini şu şekilde elde etmişlerdir; baskı kuvveti olarak 6 kN, kaynak akımı olarak 7 kA ve kaynak süresi olarak 30 periyotluk sürenin ideal olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ertan ve arkadaşları (Ertan, R., vd., 2019) yaptığı çalışmada, üç farklı yüksek dayanımlı çelikten imal edilen sac malzemelerin direnç nokta kaynağı ile birleştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Yapılan çalışmada kaynak akımlarında değişik akım seviyeleri kullanılmış ve bağlantıların sağlamlığı uygulanan çekme testleri ile değerlendirilmiştir. Artan kaynak akımı ile birlikte

dayanımın da arttığını gözlemlemişlerdir. Doruk ve ark. (Doruk, E., vd., 2015) yaptığı çalışmada, otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan direnç nokta kaynağı üzerine çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada araç gövdesi üzerinde kullanılan manuel ve robotik sistemleri anlatmışlardır. Kaynak prosesinde farklı elektrotların kaynak üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bunun ile birlikte farklı metallerin birleştirilme operasyonundan da bahsetmişlerdir.

2 Materyal Metot

2.1 Elektrik Direnç Nokta Kaynak Metodu

Direnç nokta kaynak metodunun eski bir kaynak metodu olduğu bilinmektedir. Bu kaynak metodunun 1877’ de Birleşik Amerika’ da yapılan çalışmada rastlantı sonucu bulunduğu bilinmektedir. Direnç nokta kaynak metodu yaygın olarak kullanılan bir birleştirme metodudur. Bu metodun yaygın olarak kullanılmasını, yöntemin uygulama kolaylığı ve kısa süren işlem süresi ile açıklanabilir. Genel olarak sektörde yaygın kullanımda olan makineler bir operatör aracılığı ile ilerlemekte ve işlem sonrasında tekrar operatör tarafından işlem sonlandırılmaktadır. Kaynak metodu, birleştirilmek istenen parçaların üzerinden geçirilen akıma karşı oluşan direnç vasıtası ile ısı meydana gelmektedir ve bu ısı ile parçalar birbiri ile birleştirilmektedir. Akım ile sağlanan ısı sonrasında birleşmenin sağlam olması için kaynak alanına basınç uygulanır ve soğumaya bırakılır. Bu işlemlerin tamamı sonrasında direnç nokta kaynağı gerçekleşmiş olur (Eryürek, B. 1982).

Direnç kaynağında

$$Q = K * I^2 * R * t \quad (\text{Eryürek, B. 1982})$$

I : Devreden geçen akım miktarı (A)

R : Birleştirme esnasında meydana gelen direnç (Ω)

t : Kaynak zamanı (Ms)

K : kJ/kg°C

Burada hesaplanan ısı değeri teorik olarak karşımıza çıkmaktadır. Uygulama sonrasında oluşan ısı ışıma, konveksiyon gibi taşınım ile kaybolacaktır. Direnç değeri de birleştirme için önemlidir çünkü birleşme için gerekli ısının sağlanmasında etkilidir. Düşük direnç değerinde, yüksek akım miktarı verilmektedir. Kaynak işlemi sonrasında birleştirme noktasına uygulanan basıncı, hidrolik veya mekanik sistemler vasıtası ile sağlanmaktadır (Eryürek, B. 1982).

Kaynak akımı, birleştirilmesi istenen bölgelerden geçen akıma verilen isimdir. Kaynak bölgesindeki gerekli birleştirme ısısının oluşumunda kaynak sırasında sağlanan akım miktarı önem arz etmektedir. Bu süreçte akımın artırılması da sıçrıntı oluşmasına ve elektrot deformasyonuna yol açabilir (Şahin 2019).

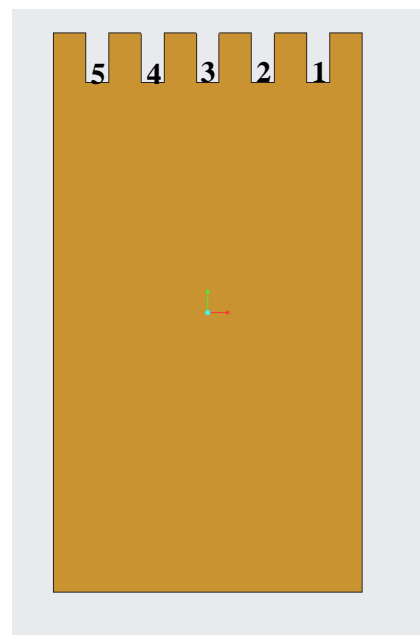
Isı oluşumundaki ilk etken olan kaynak akımını, akımın devre üzerinden geçirildiği kaynak süresi de etkilemektedir. Teorik denklemde de bahsedildiği üzere teorik ile uygulama sonrasında karşılaşılan sonuçlar doğrultusunda kaynak zamanı hesaplanandan farklılık göstermektedir. Bu farkı gidermek üzere kaynak akımı artırılır ve aşırı ısınma sonucunda kaynak sonrasında elektrotların kaynak bölgesi üzerinde kalma süresi artırılarak sağlam birleştirme ve soğuma işlemlerini de gerçekleştirmiş olur. Kaynak süresinin malzeme cinsi ve kalınlığına göre optimum düzeyde tutulması kaynak sonrasında

oluşabilecek olan kaynak hatalarını engellemede önem arz etmektedir (Şahin 2019).

Kaynak öncesinde sabit olan malzeme direnci, kaynak esnasında meydana gelen ısı ile birlikte değişime uğramaktadır ve sıcaklık arttıkça direnç azalmaktadır. Malzeme üzerinde artan basınç ile birlikte de yüzeyler arasında pürüzlülükten dolayı oluşan boşluklar kapanmakta ve direnç değeri de azalmaktadır. Direnç değeri kaynak uygulaması için önemli bir özelliktir lakin uygulama esnasında oluşan ısı miktarı optimum seviyede sağlanmalı ve dağılımı kontrol edilmelidir (Şahin 2019).

Belirli kesit alanlarında tasarımı yapılan bakır bara parçaları testere tesgahlarında uygun boylarda kesilerek boşaltılması istenen bölgeler CNC tezgahında teknik resme uygun işlenmektedir. Ardından parça üzerindeki çapaklar alınarak yüzeydeki yağı almak ve temizlemek için yağ alma banyosuna ardından yıkama banyosuna gönderilir. Kaplama havuzunda anot ve katot çubuklarının yer aldığı ve akım geçirilen çözeltinin içine kaplanmak istenen parçalar katot çubuklarına asılarak 3 ± 1 μm gümüş kaplama operasyonu gerçekleştirilir. Son birleştirme işlemi için kaynak hattında getirilen parçalar önceden boy ve kesit alanı üzerinden geçen akımın yüküne uygun belirlenmiş bakır örgülerle birleştirilmesi için elektrik direnç kaynağı makinesinde farklı akım ayarı ve çevrim süreleri denemeleri ile birleştirilir. Kaynak operasyonunun ardından çeşitlendirilen örgülü ve bakır bara birleşiminden oluşan montaj kaynak nüfuziyetinin mukavemetini ölçmek için çekme testine tabi tutulur. Test sonucunda çıkan kopma değeri ile koptuğu yüzey alanındaki kalan flex parçaları değerlendirilerek bağlantının kabul edilebilir olup olmadığına karar verilir.

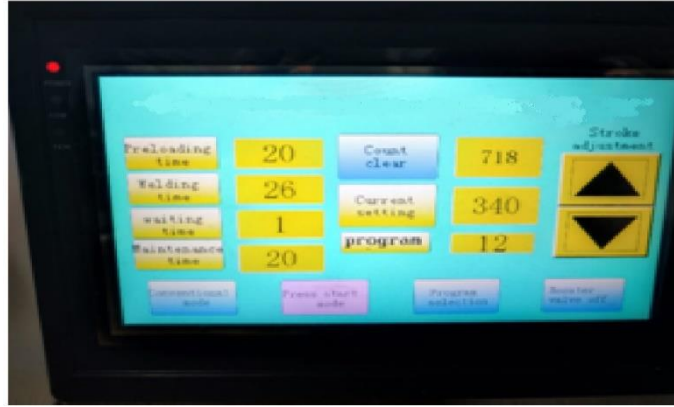
Bakır baraların tasarımında baraların kanal genişliği ve yüksekliği sabit tutulmuş ve denemelerde akım ve zaman ilişkisi üzerine parametre değişimi yapılmıştır. Bakır bara üzerinde mevcut olan 5 adet kanallar aynı zamanda göz ismi ile de isimlendirilmektedir. Gözlerin sıralaması bakır baranın şekilde verildiği gibi sağ kısımdan sol kısıma doğru sıralanmaktadır. Gözlerin özelliği ölçülerinin sabit olması ve birleştirme işleminin bu kanallarda gerçekleşecek olmasıdır. Gözlerin genişliği 5,6 mm olup derinliği ise 11,45 mm dir. Bu alana sıkı geçmek üzere flex örgüler 5,6 mm kalınlıkta ve 11,5 mm boyutundadır.



Şekil 1. Kullanılan sabit bakır bara ve teknik resmi görüntüsü

Kullanılan flex örgü bakır genellikle 8 damarlı 10 damarlı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. İstenen çap ölçüsüne göre damar ekleme veya çıkarma işlemi sayesinde örgüde değişiklik yapılabilir. Kaynak işleminde kullanılan örgü, kaynak atölyesinde tasarlanan şalterin özelliğine göre istenen boyutlarda üretilmektedir.

Kaynak makinesi 500 kVA gücüne sahiptir. Besleme olarak alternatif akımdan beslenir ve kaynak uçlarında ise doğru akım ile kaynak işlemi gerçekleşir. Bu sayede düzgün bir akım verilerek alternatif akımda oluşan gerilim kaynaklı anlık akım değişimine maruz kalmaz. Kaynak makinesindeki parametrelerin girildiği kontrol ekranı Şekil 2 'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Kaynak makinesi kontrol ekranı

2.2 Deneysel Çalışmalar

Elektrik direnç kaynağı birleştirilmek istenen metal parçalarından geçirilen akıma karşın bu parçaların akıma karşı oluşturduğu direnç ve ısı yardımıyla kaynak edilmesi işlemine denilmektedir. Çekme testi kesit ve boyu belirlenen malzemelerin sabit ve hareketli çeneler arasında sıkıştırılarak sabit hızda veya kuvvette hareket ettirilerek plastik ve elastik deformasyonun bir grafik halinde % uzama miktarını belirlendiği deneydir. Akım şiddeti 340-400 A (amper) aralığında, kaynak süresi 20-26 milisaniye aralığında değiştirildi. Bu sayede Tablo 1 'de gösterilen deney setinde ki kaynak işlemleri gerçekleştirildi. 4 Adet farklı deney setinin oluşturulma amacı kaynak işleminin 2 göz ve 3 göz olarak yapılması, akımın değiştirilmesi, süredeki değişiklik gibi etkilerin çıktısını net bir şekilde görmektir.

Yapılan deney 1 işlemi öncelikle 1ve 2 no 'lu gözlerden başlanarak kaynak işlemi yapılmıştır. İşlemin uygulanma esnasında 1 ve 2 no'lu gözler 390 A 20 milisaniye kaynak işlemine tabi tutulmuştur. 3 ve 4 no 'lu gözler 395 A 23 ms olarak işlem uygulanmış, 5 no'lu göz ise 400 A 24 ms olarak kaynak işlemi tamamlanmıştır. Yapılan deney 2 işlemi öncelikle 1ve 2 no'lu gözlerden başlanarak kaynak işlemi yapılmıştır. İşlemin uygulanma esnasında 1 ve 2 no 'lu gözler 395 A 22 ms kaynak işlemine tabi tutulmuştur. 3 ve 4 no 'lu gözler 395 A 22 ms olarak işlem uygulanmış, 5 no'lu göz ise 400 A, 24 ms olarak kaynak işlemi tamamlanmıştır.

Yapılan deney 3 işlemi öncelikle 1ve 2 no'lu gözlerden başlanarak kaynak işlemi yapılmıştır. İşlemin uygulanma esnasında 1 ve 2 no 'lu gözler 395 A 23 ms kaynak işlemine tabi tutulmuştur. 3 ve 4 no'lu gözler 395 A 23 ms olarak işlem uygulanmış, 5 no'lu göz ise 400 A 24 ms olarak kaynak işlemi tamamlanmıştır.

Yapılan deney 4 işlemi öncelikle 1 ve 2 no'lu gözlerden başlanarak kaynak işlemi yapılmıştır. İşlemin uygulanma esnasında 1 ve 2 no 'lu gözler 340 A 26 ms kaynak işlemine tabi tutulmuştur. 3 ve 4 no'lu gözler 340 A 26 ms olarak işlem uygulanmış, 5 no 'lu göz ise 360 A 26 ms olarak kaynak işlemi tamamlanmıştır.

Deneylerin 4 kez yapılması, gözlerin kaynak sırasının ikili, üçlü ve tekli olarak kaynak işlemine tabi tutulmasının çıktısını net bir şekilde görmek üzere yapılmıştır. Bu gözlemlerin yapılışında ise verilen akım ve süre ile ilgili bilgiler net bir şekilde bahsedilmiştir.

Tablo 1. Deney seti

DENEY 1		
Göz No	Amper	Milisaniye
1	390	20
2	390	20
3	395	23
4	395	23
5	400	24
DENEY 2		
Göz No	Amper	Milisaniye
1	395	22
2	395	22
3	395	22
4	395	22
5	400	24
DENEY 3		
Göz No	Amper	Milisaniye
1	395	23
2	395	23
3	395	23
4	395	23
5	400	24
DENEY 4		
Göz No	Amper	Milisaniye
1	340	26
2	340	26
3	340	26
4	340	26
5	360	26

Kaynak işleminden sonra elde edilen bağlantılar çekme test cihazı ile Şekil 3'deki gibi bağlanarak çekme testine tabi tutulmaktadır. Yapılan kaynak işleminin nüfuziyeti ve birbirleri ile karşılaştırılması hakkında gereken bilgiye ulaşılması için bu teste ihtiyaç duyulmuştur. Test sonucunda elde edilen veriler kg kuvvet olarak kayıt edilmiştir.

3 Sonuçlar

Yapılan deney 1 sonucunda, 1 ve 2 no 'lu gözlerin kanaldan sıyrılarak çıktığı ve nüfuziyet olmadığı görülmüştür. 3, 4 ve 5 no 'lu gözlerde ise örgülerin kaynak üstündeki flex kısımdan koptuğu gözlemlenmiştir. Bağlantılara ait gözlemlenen kopma tipleri ile çekme dayanım değerlerinin uyum

içerisinde olduğu saptanmıştır. Bu şu şekilde açıklanabilir; 2 no 'lu göz sıyrılarak 170 kg lık kuvvet çıktısı vermiş olup 3 no'lu göz ise flex koparak ayrılmasından ötürü 437 kg lık kuvvet çıktısı vermiştir. Flex kısmın bara üzerindeki bıraktığı kopan malzeme miktarı ile artan test değeri doğru orantılıdır. Malzemenin bara üzerindeki kalıntısı kaynaklı birleştirmenin durumunu da göstermektedir. Deney 2' de ise 3 nolu gözün yüksek çekme test değerine sahip olması bağlantının sağlam olduğunu ve diğer gözlerdeki düşük çekme test sonucu kötü bağlantıyı göstermektedir. Deney 3' de 3 ve 5 no 'lu gözlerdeki kopma şekli ve kopma anındaki çekme test değeri bağlantının kaliteli olduğunu göstermiştir. Diğer gözler olan 1, 2 ve 4 te 'ki ayrılma sıyrılarak gerçekleşmiş olup test sonucu ise maksimum 427 kg olarak kayıtlara geçmiştir. Yapılan son deney 4 verileri incelendiğinde bütün gözlerde sıyrılma olmadan flex kısmın üstünden kopmalar gerçekleşmiştir. Gerçekleşen testin ardından çekme test verileri 715 ve 830 kg aralığında çıkmıştır. İstenen kaynak kalitesi elde edilmiş ve raporlanmıştır.

İyi bir kaynak işlemi yüksek kaynak nüfuziyeti sağlayacak ve bağlantı kalitesi de artacaktır. Artan bağlantı kalitesi ile birlikte, normal bir kaynak operasyonu sonucunda elde edilen direnç değeri 8 mv iken kaynak işlemi iyileştirmesi ardından 1,5 Mv değerine kadar düşmüştür. 3,5 Mv değerindeki çekme test çıktısı 350 kg iken 3,5 mv değerinde bu değer 800 kg değerlerine ulaşmaktadır. Bu tetkikler sonucunda test verileri ve çekme operasyonu ardından ayrılma biçimine göre de yüzeyde malzeme bırakmadan sıyrılarak ayrılmalarda olumsuz birleştirme olarak raporlanmıştır.

Tablo 2. Sonuç verileri

Deney 1/ Göz No	Akım ayarı	Süre ayarı	Çekme testi sonucu (kg)
1	390	20	265
2	390	20	170
3	395	23	437
4	395	23	284
5	400	24	260
Deney 2/ Göz No	Akım ayarı	Süre ayarı	Çekme testi sonucu (kg)
1	395	22	229
2	395	22	270
3	395	22	881
4	395	22	350
5	395	22	281
Deney 3/ Göz No	Akım ayarı	Süre ayarı	Çekme testi sonucu (kg)
1	395	23	387
2	395	23	420
3	395	23	979
4	395	23	380
5	395	23	982
Deney 4/ Göz No	Akım ayarı	Süre ayarı	Çekme testi sonucu (kg)
1	340	26	740
2	340	26	738
3	340	26	737
4	340	26	850
5	340	26	715



Şekil 3. Çekme test düzeneği



Şekil 4. Çekme test işlemi ardından numune



Şekil 5. Test Sonucu Başarılı Numune



Şekil 6. Test Sonucu Başarılı Numune

4 Değerlendirme

Yapılan çalışmalarda tasarlanan baralar ve flex örgüler solidworks katı modelleme programında tasarlanmış olup, kaynak öncesi montajı da aynı ortamda yapılmıştır. Kaynak işleminin tek bir parametreye bağlı olmadığı gözlemlenmiş olup, kaynak üzerine etkisi olan akım ve kaynak süresindeki değişiklikler uygulanarak teste tabi tutulmuştur. Çalışmada seçilen ve üzerinde değişiklik yapılan parametreler, etkisi diğer parametrelerin etkilerinden daha etkin olduğundan dolayı seçilmiştir. Seçilen parametreler, geçmiş çalışmalardan alınan veriler doğrultusunda bir aralık belirlenerek üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Değişen parametreler olarak çalışmamızda kaynak akımı, kaynak çevrimi değişkenleri üzerindeki değişikliklerin çekme testi üzerine etkisi incelenmiştir. Bu parametreler değiştirilerek yapılan birleştirme operasyonları çekme testine tabi tutularak test sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen veriler kg olarak kayıtlara geçmiş olup, birleştirme kalitesi hakkında bilgi vermiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda kaynak kalitesi artan kuvvet ile doğru orantılı olduğu deney 1 deki 2 ve 3 no 'lu gözlerden elde edilen 170 ve 437 kg lık çekme test verileri ile doğrulanmıştır. Bu doğrultuda iyi bir kaynak, iyi bir iletim oluşturduğundan baralarda iletim direnci azalmış ve şalterlerde kullanıldığında ise uzun süreli çalışma koşullarında sıcaklıklarda düşüş yaşanmıştır. Yapılan deney ve gözlemlerden yola çıkarak optimum kaynak için akımın fazla olmaması ve bununla birlikte optimum süre malzeme kalınlığına ve cinsine göre değişimi gözlenmiştir. Bu kapsamda baralarda 5,6 mm kanal genişliği altındaki koşullarda düzgün bir kaynak kabiliyeti olamayacağı, kaynak parametreleri açısından da 340 Amper ve 26 ms kaynak süresinin altındaki kaynak işlemlerinde başarısız olduğu görülmüştür. Uygulama olarak kaynak işlemlerine 340 A ve 26 ms değerleri seçilmiş ve uygulanmıştır. Bu değerlerde en iyi ve en uygun kaynak bağlantısının gerçekleştiği yapılan araştırmaların sonuçlarında da karşımıza çıkmıştır. Akım şiddetinin artmasıyla birlikte bakır çok fazla ısındığından dolayı kaynak süresi kısa tutulmuş, ancak yetersiz kaynak nüfuziyeti ile karşılaşmıştır. Akım düşürülüp, süre uzatılarak ise yüksek akıma göre iyileşmeler elde edilmiş ve bakırın aşırı akımdan dolayı ısınması da önlenmiştir. Genel olarak parametreleri ve etkilerini aşağıdaki maddeler ile açıklayabiliriz.

- Kaynak akımı; Kaynaklı birleştirme işlemi için gerekli ısıyı oluşturan temel parametredir. Kaynak akımının yüksek tutulması, bakır malzemelerde kaynak bölgesi dışında da aynı etkiyi yaratmaktadır. Bu etkiden dolayı akım - zaman ilişkisi arasındaki ilişkiyi doğru bir şekilde uygulamak önemlidir.
- Kaynak zamanı; Birleştirilmek istenen malzemenin cinsi ve kalınlığına göre değişen kaynak zamanı, üzerinden geçirilen akımın büyüklüğüne de önemli derecede bağlılık göstermektedir. 2-3 mm sac levhalar için 15-20 ms işlem süresi yeterli gelmektedir. Bu süreyi kalınlık olarak büyük parçalarda uygulamayaz ve gerekli mukavemeti sadece akım süresi ile de yakalamak mümkün olmamaktadır. Bu hususlar değerlendirildiğinde, malzeme türü ve kalınlığına göre kaynak zamanı seçimi yapmak önem arz etmektedir. Deneyler sonucunda seçilen kaynak zamanı deney 4 teki veriler ışığında 26 milisaniye dir.
- Birleştirme Basıncı; Birleştirilmek üzere bir araya getirilen parçaların sabit tutulması ve kaynak akımının parçalar üzerinde geçişi için önem arz etmektedir. Basınç düşük tutulduğunda yüksek akımlarda kaynak bölgesi dışına kaynak akımı sıçramaları istenmeyen hatalara sebebiyet vermektedir. İstenmeyen hataları şu şekilde sıralayabiliriz; kaynak işleminin yapıldığı uçların parçaya kaynaklanması, parçanın yüksek akım ve basınç ile deforme olması, düşük basınç yüksek akımda operatöre ergemiş kaynak metali sıçraması durumları ile karşılaşmıştır. Yürütülen çalışmada basınç, geçmiş çalışmalar baz alınarak 0.3 Mpa değerinde sabit tutulmuştur.

5 Beyanname

5.1 Rakip Çıkarlar

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

5.2 Yazarların Katkıları

ÇAKIR : Fikir, Tasarım, Denetleme, Analiz ve/veya Yorum, Literatür Taraması, Yazı Yazan

SARIKAYA : Fikir, Tasarım, Denetleme, Analiz ve/veya Yorum, Literatür Taraması, Yazı Yazan

AVCI : Fikir, Tasarım, Denetleme, Analiz ve/veya Yorum, Literatür Taraması, Yazı Yazan

BAYRAKTAR : Fikir, Tasarım, Denetleme, Analiz ve/veya Yorum, Literatür Taraması, Yazı Yazan

Kaynaklar

Koçak, H. (2006). *Bakır alaşımları el kitabı*. İstanbul. Baskı Yeri: İstanbul. Yonca Ajans – Ofset Matbaacılık

Caven, R.W., & Jelali, J. (1991, October 06-09). *Predicting the contact resistance distribution of electrical contacts by modeling the contact interface* [Conference presentation]. Thirty-Seventh IEEE Holm Conference, 83-89, Chicago, USA, 1991.

Sun, A. C., Moffat, H. K., Enos, D. G., & George, C. S. (2007). *Pore corrosion model for gold-plated copper contacts*. IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, 30(4), 796-804.

Özgül, H. G., & Arslan, S. (2018). *Farklı elektrik direnç kaynağı parametrelerinin mukavemet üzerine etkilerinin incelenmesi*. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(2), 671-677.

Yıldırım, M. S., Yakup, K. A. Y. A., ÇAKIROĞLU, R., Gülenç, B., Kahraman, N., & Durgutlu, A. (2019). *Nokta direnç kaynağı ile birleştirilen titanyum levhaların çekme-makaslama dayanımlarının taguchi metoduyla optimizasyonu*. Politeknik Dergisi, 22(3), 567-573.

Ertan, R., Sedat, A. R. A. S., & ÖZGÜL, H. G. (2019). *Direnç nokta kaynağı ile birleştirilen yeni nesil çeliklerde kaynak akımının mekanik özelliklere etkisi*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(2), 461-469.

Doruk, E., PAKDİL, M., ÇAM, G., DURGUN, İ., & KUMRU, U. C. (2015). *Otomotiv sektöründe direnç nokta kaynağı tofaş uygulamaları*.

Eryürek, B. (1982). *Elektrik Direnç Kaynağı*, Mühendis ve Makine, 24, 22-28

Şahin, U. (2019). *Elektrik direnç kaynağını etkileyen temel parametreler*. <https://mactera.com.tr/en/pub-2.php>



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The Development of Piracy in the Horn of Africa

Çağlar AKAR^{1*} 

¹ Kocaeli University Labor Economics and Industrial Relations, e-mail: akar.c1983@gmail.com

ÖZ

Bu çalışma, Afrika Boynuzu'ndaki korsanlığın nasıl geliştiğine ve Somali'deki mevcut korsanlık sorununa karşı ne tür stratejiler uygulanması gerektiğine ışık tutmayı amaçlamaktadır. Afrika Boynuzu'ndaki korsanlık sorunu, "Korsanlık Döngüsü Teorisi" (Lucas, 2013) üzerinden analiz edilmiştir. Bu çalışmada, korsanlık-kalkınma seviyesi ilişkisi ve korsanlık-terörizm bağlantıları eleştirel olarak incelenmiştir. Afrika Boynuzu'ndaki korsanlık sorununun; sadece bir deniz sorunu olmadığı, aynı zamanda karadaki ekonomik ve sosyal yapıyla ilişkili bir problem olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Korsanlık sorunuyla mücadele; devletin kurumsal yapısının geliştirilmesi, ekonomik kalkınma ve güvenliğin artırılmasıyla sağlanabilir. Aynı zamanda korsanlık sorunu, denizde ve karada hukukun üstünlüğünü temin edebilecek, kapsamlı bir küresel hukuksal yaklaşımı gerektirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Korsanlık, Somali, Korsanlık Döngüsü Teorisi, Afrika Boynuzu

ABSTRACT

This study aims to shed light on how piracy in the Horn of Africa has developed and what kind of strategies should be implemented against the current piracy problem in Somalia. The piracy problem in the Horn of Africa has been analyzed through the "Piracy Cycle Theory" (Lucas, 2013). In this study, the piracy-development level relationship and piracy-terrorism links were critically examined. It has been concluded that the problem of piracy in the Horn of Africa is not only a sea problem but also a problem related to the economic and social structure on land. Tackling the problem of piracy; the development of the state's institutional structure can be achieved by increasing economic development and security. At the same time, the problem of piracy requires a comprehensive global legal approach that can ensure the rule of law at sea and on land.

Keywords: Piracy, Somalia, Piracy Cycle Theory, Horn of Africa

1 Introduction

What makes piracy in the Horn of Africa distinct from other piracy hotspots is the frequency and nature of the attacks. According to World Bank 'since January 2005, pirates from Somalia have carried out 1,068 attacks.' Of these, 218 resulted in successful hijackings with the abduction of at least 3,741 crewmembers of 125 different nationalities, and the payment of US \$315 million–US \$385 million in ransoms. Between 82 and 97 non-Somali seafarers are believed to have died in attacks, detention, or rescue operations' (World Bank, 2013). This is reflected in many other arguments which cite the

* Corresponding Author: akar.c1983@gmail.com

disturbing rate at which the Somali pirate groups have perfected their operations. According to Menefee and Mejia, ‘the increasing number of incidents off the coast of Somalia is alarming and disturbing’. Initially, because the main purpose of piracy is ransom, the piracy instances in Somalia were relatively less violent. But according to the International Maritime Bureau’s annual report for 2011, Somali pirates have become increasingly aggressive and violent towards their captives (Menefee & Mejia, 2012).

Since the fall of the central government in Somalia in 1991, pirate groups have set up operations off the coast of Somalia. The lack of a functioning government in Somalia has also contributed to the rise of piracy. Especially the political uncertainty in recent years and continuation of Al-Shabab terrorist activities in the region has contributed to instability of Somalia (Council on Foreign Relations, 2022). The instability is one of the most important factors that prepares ground for piracy of the coast. Lucas, explains the evolution of piracy with ‘Pirate Cycle Theory’. According to ‘Pirate Cycle Theory’, piracy develops in three distinct phases (Lucas, 2013). In the first phase, the occupants of minor coastal areas participate in small-scale acts of piracy against the most defenseless merchant ships. Piracy is the result of poverty and a lack of employment opportunities during the first phase of its expansion campaigns. According to Lucas, many scholars call this phase as ‘subsistence piracy’. In the second phase, resulting from the profit of the initial stage, the pirates became more professionalized and organized, and they created larger groups with developed capabilities to carry out coordinated attacks on even the largest merchant ships. In this phase, more proficient organized criminal groups can swallow up subsistence pirate groups or put them out of business (Lucas, 2013).

The third phase of piracy is accomplished when pirates can be seen as ‘having acquired the states of an autonomous state and held ‘in a position to make a commonly helpful alliance with another state against its foes’ (Lucas, 2013). According to Lucas, piracy in Somalia has developed to the second stage in ‘Pirate Cycle Theory’, but could not achieve stage three. It is unrealistic to expect contemporary pirate organizations to achieve the status of independent states (2013). This essay will review how piracy has evolved in the Horn of Africa and how Lucas’s (2013) ‘Pirate Cycle Theory’ is a very effective tool to investigate the development of piracy.

2 Literature Review

2.1 Initial Phase of Piracy Cycle

According to Sloggett, piracy in Somalia ‘does have its roots in the enduring problems of the internal politics of Somalia, and because of the associated tribal and kinship-based conflicts, the major cause of the people turning to piracy appears to be the reducing potential for earning an income from fishing’ (Sloggett, 2014). Although Lucas (2013), Sloggett (2013) and many other scholars in the field associate the main motivator of piracy with poverty, according to Murphy citing poverty as the main reason for piracy is simplistic. Murphy points out that ‘in most eras and in most places, piracy has been dominated by organized gangs that have treated it as a business’ (Murphy, 2007). From Murphy (2007)’s point of view, seven major factors enable piracy to flourish: legal and jurisdictional weakness, favorable geography, conflict and disorder, under-funded law enforcement/inadequate security, permissive political environments, cultural acceptability; and the promise of reward.

In the case of Somalia, because of the authority gap since the fall of the central government in 1991, it is unrealistic to expect that the legal system is working properly. In addition to system failure in Somalia, there was a big gap in the international legal system against cases like Somalia piracy. According to the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) of 1982 article 101 (a), the definition of ‘maritime piracy’ only includes crimes on the high seas, not in the territorial waters of the states. This

definition is very problematic, because, initially most of the piracy incidents were in the territorial waters of Somalia. According to Klein, ‘foreign warships or government vessels have no policing powers within the territorial sea or internal waters of another state, absent the coastal state’s consent’ (Klein, 2011). The term ‘high seas’, in UNCLOS, prohibited the international community from interfering in piracy networks in the first phase of ‘Somali pirate cycle’. In order to tackle the problem, ‘the Security Council has authorized states to enter the territorial sea of Somalia in pursuit of pirates, but the Security Council resolutions were predicated on the consent of the transitional government of Somalia’ (Klein, 2011).

When piracy is evaluated in the context of ‘pirate cycle theory’, first phase of piracy in the Horn of Africa was regional, less professionalized, and especially in territorial waters that do not even fit into the UNCLOS definition of “piracy”. This crime fits into the definition of ‘armed robbery at sea’ because the crime incidents mostly happened in the territorial waters of Somalia. “Armed robbery at the sea” is defined as “any illegal act of violence or detention or any act of depredation, or threat thereof, other than an act of piracy, committed for private ends and directed against a ship or against persons or property on board such a ship, within a state’s internal waters, archipelagic waters, and territorial sea” in International Maritime Organisation Resolution A.1025 (26) (International Maritime Organization, 2009). It can also be assessed that in the first phase from 1991 to 2008, piracy in the Horn of Africa found no opposition from the international community because of the lack of legal consensus over the process. Campanelli points out that states have demonstrated to this point that they were not willing to interfere with criminal ships of a different nationality, and did not have any enthusiasm for catching pirates and bringing them to justice. However, this might require a mechanism and the “universal right to establish jurisdictional” to work against the aim of guaranteeing that pirates do not get away from prosecution (Campanelli, 2012). Murph’s (2013) legal and jurisdictional weakness factor certainly existed in the region, both from the international community and the government of Somalia.

According to Murphy, ‘piracy is only sustainable in places that offer a combination of rewarding hunting grounds, moderate levels of risk, and proximate safe havens’ (Murphy, 2007). Similarly, Coutroubis and Kiourktsoglou point out that for “piracy to occur, there must be available targets-sea traffic in the area where potential pirates might operate” (Kiourktsoglou & Coutroubis, 2012). In this context, the Gulf of Aden is one of the most lucrative places for piracy in the world, because of its close proximity to the main merchant shipping route. The state of insecurity in the Gulf of Aden, particularly off the coast of Somalia, and the difficulties in enforcing the law have had an adverse effect on the sea lines of communication and strengthened pirate activity. Because of the existence of safe havens in the lack of legitimate authority, the density of maritime traffic in the Gulf of Aden and Indian Ocean, and the lack of legal background for international community to interfere in territorial waters of the state until the Resolution of the United Nations in 2008, Somalia provided a favorable geographic area for piracy.

According to Murphy, “piracy-and criminality at sea generally-can thrive when coastal regions are troubled by war or civil disturbance, or their aftermath, as the absence of law-enforcing authorities and desperate circumstances draw people towards criminality” (2007: 15). In this context, Somalia has been devastated by civil war and clan-based conflicts for the last two decades. In addition to these situations, the warlords controlled some regions and fought with each other. There is the added problem of the terrorist threat, particularly from Al-Shabab in Somalia. For these reasons, and many others, it is unrealistic to expect effective law-enforcement agencies and government institutions to be in the country. In fact, after the fall of the Siad Barre regime, the international community tried on numerous occasions to restore peace and establish order in the country. In 1992, for example, the United Nations initiated a peace enforcement operation codenamed ‘Operation Restore Hope’ in Somalia. For so long,

Somalia has been left to its own destiny by the international community. Discussing the situation in Somalia, Thomson points out that "international terrorist and criminal groups have also come to use Somalia as a safe haven from state power. "Similarly, it is no coincidence that piracy has become one of Somalia's most productive industries. Having had its fingers burnt by the failed humanitarian intervention in 1994, the international community is now coming to realize that there is also a similar price to pay for non-intervention with respect to Somalia" (Thompson, 2010).

According to Murphy (2007), lack of funding and inadequate police, navy, and coast guard training allow pirates to operate. When the Gulf of Aden and the Indian Ocean's size are considered, it can be easily understood how costly the efforts to counter piracy are in that region. In a country such as Somalia, where poverty is common and government institutions do not exist, effective law-enforcement and sustainability in counter-piracy efforts are difficult to achieve without international support. In Somalia, a permissive political environment and under-funded law enforcement factors existed in the initial stages of the "Piracy Cycle for Somalia".

It is very often emphasized that the pirates operating in Somalia were fishermen in the coastal area of Somalia. Because of foreign fishing companies operating in the region illegally, the local fishermen had no chance to survive and were forced to become involved in piracy in the first phase of the "piracy cycle for Somalia". Contrarily, Coutroubis and Kiourktsoglou point out that in Somalia "there are indications that the stocks are still large enough to supply local fishers and allow for export" (Kiourktsoglou & Coutroubis, 2012). According to World Bank, because of the piracy threat, most of the foreign fishing boats moved to the safer areas on the west side of the Indian Ocean, but those few still operating off the coast of Somalia should have enjoyed a productivity boost as it was claimed by Somali pirates. The absence of such a boost clearly shows that the low level of fish in the region was not the main issue (World Bank, 2013).

Even if the "illegal fishing is the main factor for piracy" perspective is accepted as true, it does not give an explanation as to why the pirates have not only attacked the trawlers but also cargo ships operating in coastal areas of Somalia. According to Lucas (2013), even though piracy began in order to regain control of fishing resources and punish illegal foreign fishing companies, on other levels of their operations, it provided a lucrative business opportunity for pirates. In accordance with this assessment, Wilson points out that "it became impossible to distinguish between vessels that were seized for fishing illegally and vessels that were simply seized" (Wilson, 2009). Tutu points out that the fishermen had an obligation to oppose illegal fishing and toxic waste dumping, because there was no government authority to protect their rights. For example, when the Islamic Courts Union ruled Somalia for 6 months, piracy disappeared from Somalia. After they were removed from power, piracy in Somalia increased again (Osei-Tutu, 2011). According to Harper, although Somalia's fish reserves have been harmed greatly by foreign fishing companies, illegal foreign fishing has become the standard excuse used by Somali pirates, even though it does not provide justification for piracy (Harper, 2012). Even authorities in Somalia have supported this excuse, and in 2011, parliament refused to pass a bill that would make piracy illegal, and even some members of Somali Parliament defended pirates because of the perception that the pirates are heroes for keeping Somali waters safe from foreign fishing trawlers (Harper, 2012).

If we look through the lens of society, it is obvious that piracy has become so lucrative. Millions of dollars were paid for ransom, and some portion of this money has been spent inside Somalia. This process has also attracted more locals as well as criminal networks to get involved in piracy. Residents of piracy-prone villages also benefited from piracy. Whenever a pirate comes to a town or a village, he will spend more money than the locals. According to the Yikona, the ground militias that provide

security for kidnapped ships, cooks provide catering services for crews, pirates, and local business entrepreneurs. The local community also provides “khat” (stimulant commonly used in Somalia) and many other services, including alcohol and prostitution (Yikona, 2013). If we consider the existing poverty and the lucrateness of the piracy business, it can be concluded that piracy has been accepted by society with the promise of reward for the people involved in it. But cultural acceptance is something different. Other arguments, including that of Coutroubis and Kiourktsoglou, point out that piracy traditions do not exist in Somali society and it cannot be concluded that piracy is culturally acceptable (Kiourktsoglou & Coutroubis, 2012). Coutroubis and Kiourktsoglou also oppose the idea that links culture and piracy, because while the dynamics of piracy shift dramatically in frequency, the culture does not. It can be assessed that society is aware that piracy is a criminal act, but the situation in Somalia makes this criminal act an acceptable form of business unless other sources of income are available.

Even though Murphy (2007) did not involve poverty as one of the motivations behind piracy, there are many scholars mentioning poverty as the main reason for piracy. Similarly, Wilson associates piracy with poverty and the lack of government in the country. Because of the unbearable economic situation in Somalia in 2008, he asserts that piracy reached its peak at the same time frame (Wilson, 2009). For Tutu, in Somalia, the average yearly income is about US \$650. On the other hand, one pirate attack can make about US \$10,000 or more for a normal pirate. The economic factor became the real issue for the locals that were involved in piracy in Somalia (Osei-Tutu, 2011). While Coutroubis and Kiourktsoglou agree with this claim to some degree, they point out that this claim is not enough to explain conclusively the trait of Somali piracy. They point out that ‘piracy is not a Somali problem; only some regions host pirate ports, while widespread poverty is common in the whole of Somalia’ (Kiourktsoglou & Coutroubis, 2012). In this context, Tutu claims that young men in Somalia have no chance to find economic opportunities in the lawless nation without government authority. At the same time, piracy provides young men a chance to survive, but at the same time undermines Somali government efforts to establish law and order in the country (Osei-Tutu, 2011).

According to Lucas, while economic and geographical factors offer partial answers to piracy, they do not provide a full explanation of why piracy dramatically increased in Somalia. He supports the idea that political instability is the main reason for this rise (Lucas, 2013). The decline of piracy when the Islamic Courts Union (ICU) took control in Somalia can be shown as evidence for this claim. According to Lucas, because piracy is contrary to Islamic law, ICU fought against piracy, and piracy was eliminated in Somalia for 6 months until they were removed from power. ICU returned one of the ships kidnapped by pirates to the owner of the ship ‘Vessham1’, but because the ship belonged to a Somali businessman who is known to be a financier of ICU, this incident cannot be accepted as purely motivated by Islamic rule (Lucas, 2013). Regardless of the motivations and nature of the government, it can be assessed that political stability and order on the land has also contributed to the piracy problem on the sea for a limited period of time in Somalia. According to Campanelli, if the pirates are purely economically motivated criminals, the state building and increasing state capacity should be the priority in Somalia, and the international community should assist the process by bringing those who commit the piracy act to justice (Campanelli, 2012).

2.2 Second Phase of Piracy Cycle:

The reality that pirates obtained millions of dollars from ransom was recognised by the international media, fishermen in the region, militias, clan-elders, warlords and criminal investors. The piracy resulted in a kind of Somali ‘gold rush’ or ‘feeding frenzy’ as it was depicted by Lehr (Lehr, 2009). As a result, investors both from Somalia and outside rushed into the piracy business, because it was very lucrative.

The number of pirate attacks increased from two attacks in a month to several attacks per week (Lehr, 2009). Because of this reputation, piracy financiers found no hardship in finding a new work force for piracy operations: poverty was very common in coastal areas, there were examples of relative richness resulting from piracy, and a lack of government authority while fishermen were struggling for a living. However, it should be noted that pirate financiers were neither desperate nor fishermen (Yikona, 2013).

According to Yikona, piracy in Somalia has undergone an evolution from subsistence pirate groups to a transnational network with a flow of funds both from and into Somalia, a large operational capability and financial support abroad, and proceeds canalised elsewhere (Yikona, 2013). Even though it is thought by many scholars that the piracy in Somalia is solely for economic reasons, and killing captives is relatively rare when it is compared to other piracy hotspots in the world, the changing tactics of piracy are making this claim doubtful. The pirates began using mother ships in order to increase their area of influence. The mother ships are generally fishing boats illegally operating in the Horn of Africa that were confiscated by pirates. This change in tactics increased the range of piracy dramatically, according to Yikona; “attacks attributed to Somali pirates extend far from land, deep into the western Indian Ocean.” In 2007, the farthest attack took place 800 km from Somalia, and extended to 1410 km in 2008, 2030 km in 2009, and 3655 km in 2010’ (Yikona, 2013).

Because the owner of the fishing ship usually sails with the crew and the sailing by itself is illegal, kidnapping usually goes unnoticed by the international community and the safety of the crew is unknown even though the captives held for ransom are relatively safer. In the new era, opportunistic pirates had evolved into professional organizations using mother ships to increase their capability, using land infrastructures, and having sufficient funds and ties with the authorities on land and even with the terrorist organization, ‘Al-Shabab’. Today, the borderline between organised crime and terrorism has also become blurred; the cooperation between pirates and terrorists is very likely.

According to Yikona, apart from piracy, how the ransom money is used is also a very big problem for Somalia, including human trafficking, migrant smuggling, and investing in militias and military capacities on land (Yikona, 2013). The lack of anti-money laundering and combating the financing of terrorism standards in countries affected by illicit money flows netted by piracy ransoms makes these countries vulnerable to criminal kingpins’ influence. The criminal kingpins can access resources and get involved in the decision-making mechanisms of these countries easily (Yikona, 2013). According to the same report, there are instances where pirate leaders used ransom money to fuel the ‘khat’ trade, enhancing their militia capabilities, fueling clan competition and supporting Al-Shabab activities at the same time in Somalia. For that reason, pirate financiers became not only criminal business investors in piracy at sea but also powerful actors who influenced the decision-making system of the Government of Somalia on land (Yikona, 2013).

According to Lehr (2009), because piracy is a criminal business for piracy financiers, the hostages are in fact ‘commodity’. It is reasonable to sell the crew members and ships back to the owners, but if another buyer pays more, like Al-Shabab, the pirates can sometimes sell them to terrorists. Incidents very similar to this claim have already happened in post invasion Iraq and North Africa. Tribesmen in North Africa sold western tourists to Al-Qaeda in the Maghreb, and very similarly, hostages were sold to Al-Zarqawi’s group in Iraq (Lehr, 2009). Lehr also points out another aspect of piracy related to terrorism. According to him, Al-Shabab already tried to politicise piracy by declaring pirates as ‘mujahideen because they are at war with the Christian countries “defending” the coast against Allah’s enemies’ (Lehr, 2009). For Kassily et. al., prosecuting pirates as terrorists is a better solution to the piracy problem. They point out that piracy and terrorism can be associated because piracy uses terror as

a method against foreign vessels. According to them, there are many examples in history where governments used piracy as a political tool and pirates also waged war against the world that they view as unfair. And in a legal context, 'the legal definitions of piracy and terrorism have evolved and have come to resemble one another' (Kassilly, Onkware, Ntabo, Onyango, & Odhiambo, 2011). Contrary to Kassilly et. al, Lehr points out that even though introducing piracy as a terrorist act would draw much attention by Western countries to the problem, striking pirates as terrorists would force pirates into the arms of already existing terrorist organizations such as Al-Shabab, and this quick fix solution would create a worse problem on the ground than piracy (Lehr, 2009).

Piracy in Somalia can be described as a transnational organized criminal network that has ties with local authorities through clan-based relations, criminals, terrorists, and international criminal investors. According to Yikona, the evolution of piracy can be divided into three periods: from 1991 to 2008 can be described as amateur subsistence piracy, 2008-2010 as competition in the piracy business; and 2010-today as an organised crime network operating in different countries. Today, Somali pirates are working as groups organised along clan affiliations, and they are armed with AK-47s, rocket-propelled grenades (RPGs), and sophisticated tracking devices. They hijack all kinds of ships, including fishing ships. For valuable ships, they use crew members and cargo for ransom, and for fishing ships, they use them as mother ships for future piracy activities. 'Somali piracy has evolved into a transnational model-from small scale, locally executed and funded operations into a transnational network with flows of funds, operatives, and resources coming from abroad and proceeds flowing elsewhere' (Yikona, 2013).

If piracy is considered as a transnational organised criminal network, the flow of ransom money is one of the most important aspects of the crime. In the business model for piracy, ransom is distributed among three different groups: the pirate action group who capture the ships, pirate financiers who invest in piracy businesses; and the local community which provides services to the pirates. The money distributed to the pirate action group is spent on 'khat', alcohol, and expensive cars, and the amount of the money constitutes only about 0.01–0.025 percent of an average ransom payment, which changes between US \$30,000 and US \$75,000 (Yikona, 2013). The pirates' financiers get the most of the ransom, from 30 percent to 75 percent depending on initial negotiations. The local community also gets their share in accordance with the services they provide for pirates and hostages.

Somalia's piracy activity depends intensely on coastal infrastructure to direct ransom arrangements. Piracy business requires coastal support including services, armed protection for pirates returning from pirate attacks and for cargo, ships and hostages and access to markets for stolen goods (World Bank, 2013). There are three types of investment for piracy financiers: low level pirates pool money for small scale pirate attacks, financiers cooperate and invest cooperatively; and individual financiers can invest individually in piracy. When the ransom money is received, this money can be reinvested in future piracy attacks or can be diverted into both legitimate and illegitimate activities. Through the years, ransom negotiations got more complicated and involved more people, such as lawyers, service providers, and experts for counterfeit money, and even consultants to assess the value of the cargo and ship (Yikona, 2013).

In order to launder ransom money, financiers get involved in legitimate business sectors like real estate and 'khat' trade. According to Harper, ransom money invested in the real estate sector caused a property boom in Gorawe in the Puntland region of Somalia (Harper, 2012). Contrary to this claim, Yikona points out that there is no evidence that piracy has affected real estate prices and it is mentioned in the same report that the ransom money is used for smuggling of weapons and drugs, the transport sector, agricultural or livestock activities, import and export, hotel and restaurant business, and in factories.

Because of the porous borders of Somalia, some of the ransom money is transferred to other countries like Djibouti, Kenya, and the United Arab Emirates through cash smuggling and money transfer (Yikona, 2013).

3 Conclusions

Piracy in the Horn of Africa has always been regarded as a maritime issue. The international community has deployed a huge number of navy warships into the region and spent billions of dollars in an effort to suppress Somali piracy. Although piracy off the Horn of Africa decreased in 2012, naval vessels from around the globe continue to patrol the Gulf of Aden and the western Indian Ocean' (Lucas, 2013). In fact, piracy is a land problem rather than a sea one. Suppression is not a long-lasting solution. Unless the root causes on land are not eliminated, it can resurge easily when the Navy presence is absent and when the money spent on counter-piracy efforts is considered, this suppression tactic is unsustainable. According to the World Bank, capacity building and shore-based counter-piracy programs only make up 1.5% of global spending on Somali piracy. In 2013, the total global cost of counter-piracy operations for Somalia was \$3.2 billion, and this means that the international community spent \$139.1 million for each piracy attack. If this money was devoted to capacity building for Somalia, it could have lasting effects on peace, order, and stability in the country. According to Madsen et.al., 'port development, port security, and a modest coast guard to secure local seas could be all that's needed to eliminate piracy'. Such targeted development can likely be accomplished at a cost far lower than the billions of dollars still being spent every year in the Indian Ocean' (Madsen, et. al., 2013).

When the terrorism argument is considered, it can be assessed that terrorism and organised crime can have links or cooperation in many instances, but treating every crime that has links with terrorism as a terrorist act can be a dangerous approach that can create many more terrorism threats. In this context, what is reasonable in counter-piracy in the Horn of Africa is treating piracy as an organised crime. Implementing a stricter monitoring process for money flow and establishing an international legal framework for counter-piracy would be a better solution while trying to eliminate instability in Somalia.

4 Declarations

4.1 Competing Interests

There is no conflict of interest in this study.

4.2 Author Contribution

Çağlar AKAR: All contributions within the scope of the research belong to the corresponding author

References


- Campanelli, O. (2012). The Global Governance of Maritime Piracy. *Journal of Global Policy and Governance*, 73-84.
- Council on Foreign Relations. (2022, 06 06). Somalia's Political Paradoxes Forestall Progress and Stability. Council on Foreign Relations: <https://www.cfr.org/blog/somalias-political-paradoxes-forestall-progress-and-stability-adresinden-alindi>
- Harper, M. (2012). *Getting Somalia Wrong: Faith, War and Hope in a Shattered State*. Zed Books.
- International Maritime Organization . (2009). IMO Resolution A.1025(26) .

- Kassily, J., Onkware, K., Ntabo, O. M., Onyango, E., & Odhiambo, S. (2011). Prosecuting Somalia Pirates As Terrorists. *Journal of Defense Resources Management (JoDRM)* 2, 37-46.
- Kiourktsoglou, G., & Coutroubis, A. D. (2012). Is Somali piracy a random phenomenon? *WMU Journal of Maritime Affairs* 11, 51-70.
- Klein, N. (2011). *Maritime Security and the Law of the Sea*. New York: Oxford University Press.
- Lehr, P. (2009). Somali Piracy: The Next Iteration. *Perspectives on Terrorism* Vol.3 No.4, 26-36.
- Lucas, E. R. (2013). Somalia's "Pirate Cycle": The Three Phases of Somali Piracy. *Journal of Strategic Security* no.1, 55-63.
- Madsen, J. V., Seyle, C., Brandt, K., Purser, B., Randall, H., & Roy, K. (2013). *The State of Maritime Piracy 2013*. Oceans Beyond Piracy Project.
- Menefee, S. P., & Mejia, M. Q. (2012). A "rutter for piracy" in 2012. *WMU Journal of Maritime Affairs* volume 11, 1-13.
- Murphy, M. N. (2007). *Contemporary Piracy and Maritime Terrorism: The Threat to International Security*. London: Routledge.
- Osei-Tutu, J. A. (2011). The Root Causes Of The Somali Piracy. *Kofi Annan International Peacekeeping Training Center*, 1-24.
- Sloggett, D. (2014). *Anarchic Sea: Maritime Security in the Twenty-First Century*. London: Hurst Publishers.
- Thompson, A. (2010). *An Introduction to African Politics* 3rd Edition. London: Routledge.
- United Nations . (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea*. United Nations Convention, 1-206.
- Wilson, B. (2009). Effectively confronting a regional threat : Somali piracy. *Conflict Trends* Vol.2009 No.1.
- World Bank. (2013). *The Pirates of Somalia: Ending the Threat, Rebuilding a Nation*. Washington: World Bank Regional Vice-Presidency for Africa.
- Yikona, S. (2013). 'Pirate Trails' Tracks Dirty Money Resulting From Piracy Off the Horn of Africa. *A World Bank Study*, 1-106.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Savurma Döküm Yöntemi ile Üretilmiş AlB₂/Al Kompozit Malzemelerin Aşınma Davranışlarının İncelenmesi

İlknur KESKİN ÖNER^{1*} , Ömer SAVAŞ² 

¹ Department of Marine Engineering, Naval Architecture and Maritime Faculty, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey, keskin@yildiz.edu.tr

² Department of Marine Engineering, Naval Architecture and Maritime Faculty, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey, osavas@yildiz.edu.tr

ÖZ

Bu çalışmada, fonksiyonel olarak derecelendirilmiş AlB₂/Al kompozitlerin abrasif aşınma özellikleri Taguchi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Aşınma deneylerinde Pin-on-disk tekniği kullanılmıştır. Deneyler sonrasında farklı aşınma şartlarında oluşacak ağırlık kayıplarını tahmin eden bir regresyon denklemi elde edilmiş ve geliştirilen denklem yardımıyla farklı şartlarda yapılan aşınma sonuçları, deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Kompozitlerin aşınma özellikleri üzerine uygulanan yükün yaklaşık %17, aşınma ortamının %53 ve AlB₂ ile güçlendirilmesinin %18 oranında etkili olduğu görülmüştür. Geliştirilen regresyon modelinin değişik aşınma şartlarında ağırlık kayıplarının tahmininde kullanılabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Abrasif aşınma, AlB₂, Metal matrisli kompozitler, Taguchi

Investigation of Wear Behavior of AlB₂/Al Composite Materials Produced by Centrifugal Casting Method

ABSTRACT

In this study, the abrasive wear properties of functionally graded AlB₂/Al composites were investigated using the Taguchi method. Pin-on-disc technique was used in wear tests. After the experiments, a regression equation estimating the weight losses that will occur under different wear conditions was obtained and with the help of the developed equation, the wear results made under different conditions were compared with the experimental results. It has been observed that the applied load on the wear properties of the composites is approximately 17%, the wear medium is 53% and the reinforcement with AlB₂ is 18% effective. It has been seen that the developed regression model can be used to predict weight losses under different wear conditions.

Keywords: Abrasive wear, AlB₂, Metal matrix composites, Taguchi

* Sorumlu yazar : osavas@yildiz.edu.tr

1. Giriş

Hafif ve yüksek performanslı metallere duyulan ihtiyaç Alüminyum Matrisli kompozitlerin (AMK) araştırılması ve gelişmesinin yolunu açmıştır. Geleneksel alüminyum alaşımlarına göre AMK'ler, yüksek spesifik mukavemet, üstün aşınma direnci ve yüksek sıcaklıklarda stabiliteye sahiptir (Rosso, 2006). Silisyum karbür (SiC) ve Alüminanın (Al₂O₃) alüminyum tarafından ıslatıla birliğinin yüksek olması ve fiyatlarının düşük olmasından dolayı güçlendirici faz olarak tercih edilmektedir. Yeni üretim proseslerinin keşfedilmesi ve geliştirilmesi AMK'ler için yüksek potansiyele sahip çeşitli seramik ve intermetalik güçlendiricilerin olduğunu göstermiştir (Ma, Tjong and Li, 1999; Tjong and Ma, 2000).

Alüminyum matrisli AIB₂ borür takviyeli kompozit malzemeler üzerine oldukça kısıtlı çalışmalar mevcuttur (Deppisch et al., 1997; Kayıkcı and Savaş, 2015b). AIB₂ takviyeli kompozitler in-situ üretim yöntemi (takviye fazının matris içerisinde kendiliğinden oluşması) ile kolay ve ucuz bir şekilde üretilebilmektedir. Yapılan önceki çalışmalarda alüminyum içerisine AIB₂ ilavesinin malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirdiği ve aşınmaya dayanım kabiliyetini artırdığı görülmüştür. Erman ve ark (İnci and Savaş, 2020) %10 AIB₂ takviye oranına sahip saf Al ve Al-Cu matrisli kompozitlerin abrasif aşınma davranışlarını farklı test koşullarında (yük, kayma hız ve mesafesi v.b.) incelemiştir. Araştırma sonucunda matrise %10 oranında AIB₂ ilavesinin hem AIB₂/Al hem de AIB₂/Al-Cu kompozitlerinin aşınma özelliklerini önemli oranda iyileştirdiğini rapor etmişlerdir.

AIB₂/Al kompozitlerin aşınma davranışlarını araştırmaya yönelik olarak yaptıkları çalışmada, matris içerisinde artan AIB₂ oranı ile kompozitlerin aşınma özelliklerinin önemli ölçüde iyileştiğini belirtmişlerdir (Fıçıcı, 2016).

Fonksiyonel derecelendirilmiş kompozitlerde (FDK) takviye oranı kalıp iç bölgesinden dış bölgesine doğru değişim göstermektedir. Bu nedenle kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri takviye oranının değişimine bağlı olarak değişim göstermektedir (Melgarejo, Suárez and Sridharan, 2008; Kayıkcı and Savaş, 2015a)(Nadu, 2016; Naebe and Shirvanimoghaddam, 2016). Bu yüzden FDK'ler yüksek yüzey aşınma direnci ile yüksek tokluk özelliğini bir arada bulundurabilmektedir (Karun, 2017). Bu amaçla kısıtlı da olsa savurma döküm tekniğinden faydalanarak fonksiyonel derecelendirilmiş AIB₂/Al kompozitlerin üretimi üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur (Savaş and Karataş, 2022)(Melgarejo, Suárez and Sridharan, 2008)(Kayıkcı and Savaş, 2015a) (Savaş et al., 2013).

Radhika ve ark (Radhika and Raghu, 2016) fonksiyonel derecelendirilmiş AIB₂ takviyeli Al matrisli kompozitlerin abrasif aşınma davranışlarını farklı yük, kayma mesafesi ve abrasif aşındırıcı tipleri altında (SiC ve Al₂O₃) incelemiştir. Artan yükte aşınma hızının arttığı ve artan AIB₂ takviye oranıyla birlikte azaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca çalışmada SiC partiküllerinin Al₂O₃'ye göre daha aşındırıcı özelliğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

Aşınma, malzeme yüzeylerinde kütle kaybıyla meydana gelen bir hasar türüdür. Malzemelerin servis ömrünü önemli ölçüde düşürmektedir. Bu nedenle yüksek servis ömrü için malzemelerin aşınma özelliklerini belirlemek önemlidir. Yapılan önceki çalışmalarda kompozitlerinin abrasif aşınma özellikleri üzerine en çok etki eden faktörlerin takviye oranı, uygulanan yük ve aşındırıcı partikül boyutu olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, savurma döküm tekniği ile üretilen AIB₂ takviyeli kompozitlerin abrasif aşınma davranışları Taguchi tekniği kullanılarak incelenmiştir. Fonksiyonel derecelendirilmiş kompozit malzemelerin özellikleri yöne bağlı olarak değiştiği için kompozitlerin aşınma özellikleri savurma yönünde iki bölgeye ayrılmış ve aşınma deneyleri farklı yük ve farklı aşınma ortamlarında

gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonunda Taguchi deneysel yaklaşımı kullanılarak farklı aşınma şartlarında aşındırılan kompozitlerin ne oranda aşınacağını tahmin eden bir lineer regresyon denklemi elde edilmiştir. Denklem doğru çalışıp çalışmadığı deneysel sonuçlarla karşılaştırılarak ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada önceki çalışmalarda savurma döküm tekniği kullanılarak üretilen fonksiyonel derecelendirilmiş AlB₂/Al kompozit malzemelerin aşınma özelliklerinin incelenmesi hedeflenmiştir (Savaş and Karataş, 2022). Üretilen kompozit malzemelerin savurma yönünde AlB₂ ile güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş iki bölgeye sahip olduğu görülmüştür. Aşınma deneyleri bu iki bölge üzerinde yapılmıştır. Aşınmaya maruz bırakılacak kompozit malzemenin özellikleri Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1. Kompozit malzeme özellikleri (Savaş and Karataş, 2022).

Bölge	Takviye oranı, %	Yoğunluk, gr/cm ³	Sertlik, HB
AlB ₂ ile güçlendirilmemiş	%0	2,70	51,55
AlB ₂ ile güçlendirilmiş	%8	2,72	82,25

Kompozitlerin aşınma analizleri abrasif aşınma tekniği ile ağırlık kayıpları dikkate alınarak yapılmıştır. Fonksiyonel derecelendirilmiş AlB₂/Al kompozit malzemelerin, savurma yönünde AlB₂ ile güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş iki bölgeye sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle aşınma deneylerinde AlB₂ ile güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş bölgelerinden alınan numuneler kullanılmıştır. Test öncesinde numuneler 6 mm çapında pim şekline getirilmiştir. Test parametreleri olarak AlB₂ takviye oranı, yük ve aşındırıcı partikül boyutu seçilmiştir. Yük faktörü için faktör seviyeleri 1 ve 2 N, takviye oranı faktörü için faktör seviyesi %0 (AlB₂ ile güçlendirilmemiş bölge) ve %8 (AlB₂ ile güçlendirilmiş bölge), aşındırıcı partikül boyutu faktörü için faktör seviyeleri 46 (320 grid su zımparası) ve 18 mikron (1000 grid SiC esaslı su zımparası) olarak belirlenmiştir. Kayma mesafesi 100 m’de, kayma hızı ise 4,5 m/s’de sabit tutulmuştur. Tablo 2’de belirlenen faktör ve seviyeleri verilmiştir.

Tablo 2. Aşınma deneyi için seçilen faktör ve seviyeleri.

Faktörler	Seviye 1	Seviye 2
AlB ₂ Takviye oranı	%0	%8
Yük, N	1 N	2 N
Aşındırıcı parçacık boyutu	18 µm	46 µm
Kayma Mesafesi	100 m	
Kayma Hızı	4,5 m/s	

Aşınma deneyleri için Taguchi yaklaşımına göre L8 ortogonal serisi seçilmiştir. Belirlenen faktör ve seviyelerine göre 8 adet deneme reçetesi Tablo 3’de verilmiştir. Her bir deneme reçetesinin aşınma testlerinde numunelerin ağırlıkları test öncesi ve test sonrasında 0,0001 g hassasiyete sahip terazi ile ölçülmüş ve aşınma miktarları bu ölçümlerin farkı alınarak belirlenmiştir. Her bir deneme reçetesi en az üç kez tekrarlanmıştır.

Tablo 3. *L8 ortogonal serisi deney reçeteleri*

Deney No	Takviye oranı, %	Aşındırıcı Partikül Boyutu, μm	Uygulanan Yük, N
1	0	18	1
2	0	18	2
3	0	46	1
4	0	46	2
5	8	18	1
6	8	18	2
7	8	46	1
8	8	46	2

3. Sonuç ve Tartışma

L8 ortogonal serisine göre belirlenmiş deneme reçeteleri dikkate alınarak 8 adet aşınma testi yapılmıştır. Aşınma testleri sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri Tablo 4’de verilmiştir. Tablo 4’de her bir deneme için elde edilmiş 3 adet ağırlık kaybı değeri, onların ortalamaları ve S/N oranları görülmektedir. Ağırlık kayıplarının düşük olması aşınma özelliklerinin iyi olduğunu gösterdiği için deneme reçetelerinin S/N oranları Denklem 1’de verilen en düşük en iyidir kalite karakteristiğine göre hesaplanmıştır (Ross, 1998).

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

Denklemden, n ; deney reçetesi için ölçüm sayısı, y_i ; deneme reçetesinin ağırlık kaybı.

Tablo 4’de ağırlık kayıplarının 2,7 mg ile 74,0 mg arasında değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek S/N oranı 5. deney reçetesinde -7,35 dB değerinde, en düşük S/N oranı 4. deney reçetesinde -36,99 dB olarak ölçülmüştür. Faktör seviyeleri eş zamanlı olarak değiştirildiği için Tablo 4’de verilen sonuçlar, hangi faktörün daha etkili olduğunu konusunda bilgi vermemektedir.

Tablo 4. *Aşınma deneyi sonuçları.*

Deney No	Ağırlık Kaybı, mg				S/N oranı, dB
	Gözlem 1	Gözlem 2	Gözlem 3	Ortalama	
1	6,8	7,7	8,3	7,60	-17,64
2	9,8	4,2	4,6	6,20	-16,53
3	12,0	13,2	13,0	12,73	-22,11
4	70,0	68,2	74,0	70,73	-36,99
5	1,5	2,6	2,7	2,27	-7,35
6	3,8	4,2	4,5	4,17	-12,42
7	8,3	7,0	7,1	7,47	-17,49
8	24,0	25,1	25,0	24,70	-27,86

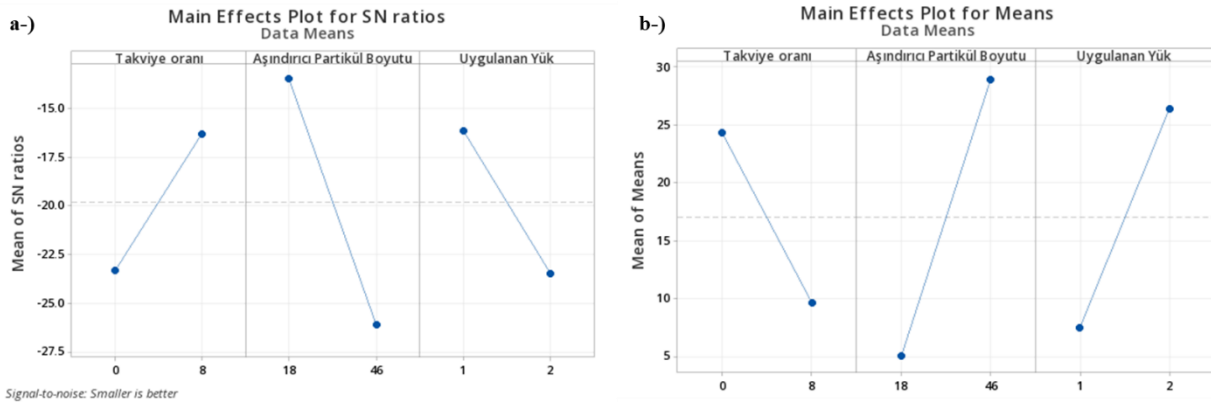
Taguchi yaklaşımına göre faktörlerin etkilerini ortaya koymak için S/N oranları dikkate alınarak bir varyans istatistik yöntemi (ANOVA) analiz tablosu hazırlanmaktadır. Tablo 5’te hazırlanan ANOVA tablosu verilmiştir. Tabloda her bir faktör ve kontrol edilmeyen faktörler (hata) için hesaplanan kareler

toplamı, serbestlik derecesi, Varyans (V), F(faktör) değerleri ve % etki oranları görülmektedir (Ross, 1998).

Tablo 5. Varyans istatistik yöntemi (ANOVA) analiz tablosu.

Faktörler	Serbeslik Derecesi, f	Kareler Toplamı SS	Etki oranı, %	Karalar Ortalaması SS	Teorik F F(hesap)	P
Takviye oranı (A)	1	99,15	16,63	99,146	20,19	0.021
Aşındırıcı Partikül Boyutu (B)	1	318,91	53,49	318,913	64,95	0.004
Uygulanan Yük (C)	1	106,62	17,88	106,619	21,71	0.019
Aşındırıcı Partikül Boyutu	1	56,76	-	56,762	11,56	0.042
Hata	3	14,73	11,99	4,910		
Total	7	596,17	100			

Tablo 5’de F(tablo) değeri en yüksek olduğu için aşınma üzerine en etkili faktörün aşınma ortamı olduğu ve onu sırasıyla uygulanan yük ve takviye oranı faktörlerinin izlediği görülmektedir. Tabloda faktörlerin hepsinin %90 güven düzeyi için etkili olduğu dikkati çekmektedir. Bunu dışında Tablo 5’de uygulanan yük (C) ve aşındırıcı partikül miktarının (B) karşılıklı etkileşiminde önemli ölçüde etkili olduğu görülmektedir. Kompozelerin ağırlık kayıpları üzerine uygulanan yükün %21,71, takviye oranının %16,63 ve aşındırıcı partikül boyutunun ise %53,49 oranında etkili olduğu görülmektedir. Kontrol edilemeyen faktörün ise aşınma üzerine toplamda %12 oranında etkilediği dikkati çekmektedir.

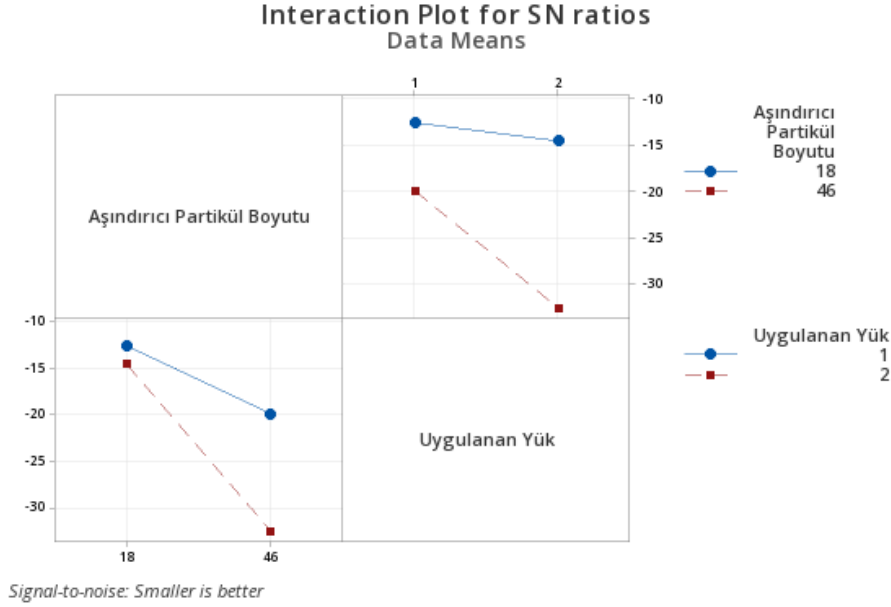


Şekil 1. a) S/N oranları ve **b)** ağırlık kayıpları için yanıt grafiği.

Şekil 1’de her bir faktör seviyesinin ortalama S/N oranları ve ortalama ağırlık kayıpları dikkate alınarak çizilen ‘yanıt grafiği’ verilmiştir. Grafikte S/N oranları için faktörlerin yüksek olan seviyeleri en düşük ağırlık kaybını veren deney reçetesini (optimum deney reçetesi) göstermektedir. Buna göre optimum deney reçetesi A2B1C1 olarak belirlenmiştir. Grafikte en düşük ağırlık kaybının AIB2’ce zengin bölgelerin 1 N yük altında ve 18 µm’lük aşındırıcı partikül (1000 grid zımpara) ortamında aşındırılması sonucunda elde edilebileceğini göstermektedir.

Şekil 2’de aşındırıcı partikül boyutu (B) ve uygulanan yük (C) faktörünün karşılıklı etkileşim grafiği verilmiştir. Grafikte aşındırıcı partikül boyutunun artması ile S/N oranlarının düştüğü görülmektedir. Ancak bu azalma 2 N yük altında daha yüksek olduğunu göstermektedir. Yani yüksek aşındırıcı partikül

ortamlarında yapılan deneylerde yükün etkisi daha açık bir şekilde görülürken, düşük aşındırıcı partikül ortamlarında yük etkisini istenilen ölçüde gösterememektedir.



Şekil 2. Aşındırıcı partikül boyutu ve yük etkileşimi yanıt grafiği.

Taguchi yaklaşımına göre yapılan deneylerin doğru olduğunu göstermek için doğrulama deneylerinin yapılması gerekmektedir. Doğrulama deneyleri optimum deney reçetesine (A2B1C2) göre yapılmaktadır. Deneylerin doğru yapıldığı, doğrulama deney sonuçlarının hesaplanan tahmini güven aralığında olması ile belirlenmektedir. Bu çalışmada doğrulama deneyi A2B1C1 deney reçetesine göre Denklem (2)-(4) kullanılarak hesaplanmıştır (Ross, 1998).

$$\bar{\mu} = \bar{A2} + \bar{B1} + \bar{C1} - \bar{3T} \quad (2)$$

$$IC = \sqrt{\frac{F(f) V_e}{n}} \quad (3)$$

$$\bar{\mu} - IC \leq \mu \leq IC + \bar{\mu} \quad (4)$$

Denklemlerde: $\bar{\mu}$ tahmini ortalama S/N değerleridir, μ doğrulama testi ortalama S/N değerleridir, $F(f)$ F oranıdır, V_e hata varyansıdır, n verilen koşuldaki test sayısıdır.

Yapılan bu çalışmada Tablo 4’de ki 5 numaralı deney reçetesi optimum deney reçetesine (A2B1C1) sahiptir. Bu nedenle ekstra bir deney yapmak yerine, doğrulama deneyleri için 5 numaralı deney sonuçları kullanılmıştır. Optimum şartlara göre hesaplanan ortalama S/N oranı, tahmini güven aralığı ve doğrulama deneyi ortalama S/N oranları Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 6. Tahmini ve doğrulama testi sonuçları.

Nicelik	Sonuçlar
Optimum deney şartlar	A2B1C1
Tahmini Ortalama S/N oranı	-8,90 dB
$\alpha= 0,1$ için güven aralığı	-11,23 dB < μ < -6,57 dB
Doğrulama deneyi S/N oranı	-7.35 dB

Tablo 6’de doğrulama deney sonucunun S/N oranı -7,35 dB’dir. Bu değer tabloda da görüldüğü gibi hesaplanan tahmini güven aralığı içerisinde yer almaktadır. Bu sonuç yapılan deneylerin doğru yapıldığını göstermektedir.

Denklem 5’de regresyon denklemi verilmiştir. Verilen denklem yardımıyla istenilen deneme reçetesi için ortalama tahmini S/N oranları hesaplanabilmektedir.

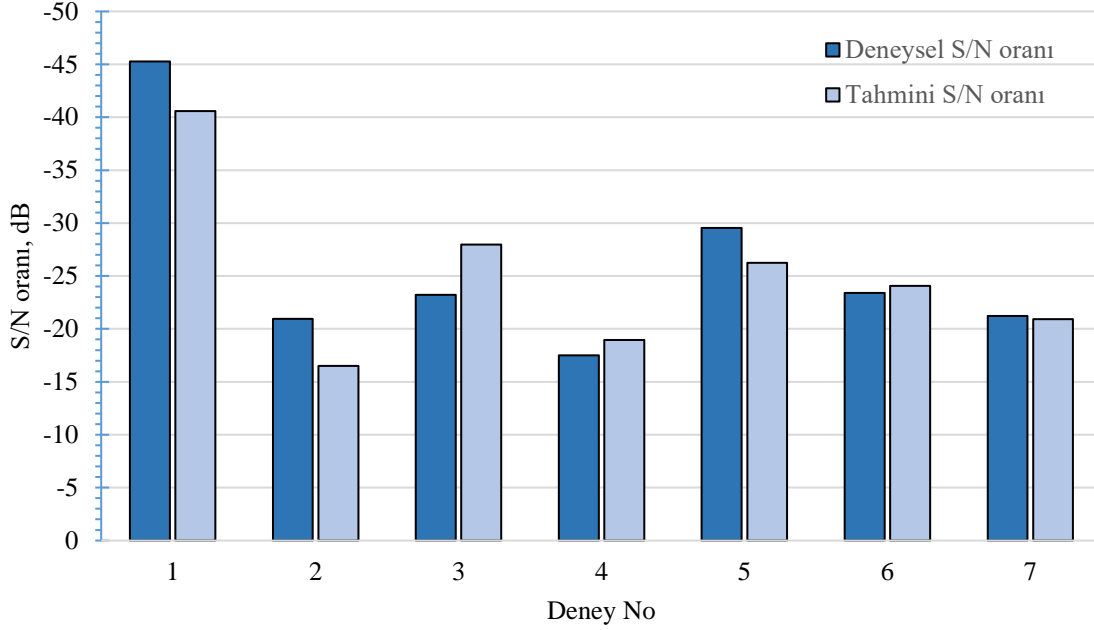
$$S/N = 2.06 + (0.880 \times \text{Takviye oranı}) - (0.451 \times \text{Aşındırıcı Partikül Boyutu}) - (7.30 \times \text{Uygulanan Yük}) \quad (5)$$

Regresyon denkleminin doğru çalışıp çalışmadığını test etmek amacı ile Tablo 7’de verilen kontrol deney reçeteleri hazırlanmıştır. Deney reçeteleri önceki setlerde olmayan yükler altında ve aşındırıcı partikül ortamlarında yapılmıştır. Tabloda kontrol deney reçeteleri dikkate alınarak yapılan aşınma deney sonuçları verilmiştir. Tabloda edilen ağırlık kayıpları, onlara bağlı olarak hesaplanan deneysel S/N oranları ve Denklem 4 kullanılarak hesaplanan, tahmini ortalama S/N oranları verilmiştir.

Tablo 7. Kontrol deney reçeteleri ve deney sonuçları.

Deney No	Faktörler			Ağırlık Kaybı, mg			Deneysel ortalama S/N oranı	Tahmini ortalama S/N oranı
	Takviye oranı, %	Aşındırıcı Partikül Boyutu, μm	Uygulanan Yük, N	Gözlem 1	Gözlem 2	Gözlem 3		
1	0	46	3	230,8	152	157	-45,27	-40,59
2	0	25	1	6,4	9,1	15,8	-20,95	-16,52
3	0	18	3	15	18,3	8,4	-23,23	-27,96
4	8	46	1	8,3	7	7,1	-17,49	-18,95
5	8	46	2	28,1	25,2	35,7	-29,54	-26,25
6	8	25	3	11,1	8,6	21,4	-23,39	-24,08
7	8	18	3	13,6	11,5	8,9	-21,21	-20,92

Şekil 3’de deneysel olarak ölçülen S/N oranları ve Tahmini ortalama S/N oranları arasındaki farkın daha iyi görülebilmesi için hazırlanmış sütun grafiği verilmiştir.



Şekil 3: Deneysel olarak ölçülen S/N oranları ve tahmini S/N oranları

Şekil 3’de deneysel olarak ölçülen S/N oranlarının, tahmini S/N oranlarına çok yakın olduğu görülmektedir. Bu sonuç çalışma sonucunda geliştirilen regresyon denkleminin doğru çalıştığını göstermektedir. Sonuçlar Taguchi yaklaşımıyla yalnızca 8 deneyle güvenilir olarak çalışan bir denklem geliştirilebileceğini göstermektedir.

Önceki çalışmalara benzer şekilde, Şekil 1’deki gibi artan yük ile ağırlık kayıplarının arttığı görülmektedir (Prasad, Bakshi and Murty, 2015)(Kumar et al., 2008)(Kane, Mishra and Dutta, 2016). Bunun muhtemel nedeni, uygulanan yüklerle birlikte aşındırıcı partiküllerinin aşınma yüzeyine daha fazla nüfuz ederek aşınma miktarını arttırmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan önceki çalışmalardan aşındırıcı partikül boyutunun artması ile birlikte aşınma miktarının arttığı rapor edilmiştir (Ozdin, 2007) (Radhika and Raghu, 2016) (Kumar et al., 2007) (Radhika and Raghu, 2018) (Kok, 2006). Buna benzer şekilde bu çalışmada da artan aşındırıcı partikül boyutu ile aşınma miktarı artmıştır. Bunun muhtemel nedeni büyük çaplı aşındırıcı partiküllerde keskin köşelerinin daha fazla olması sonucu aşınan yüzeylere daha fazla pantere olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 1’de alüminyum matris içerisinde artan AIB₂ oranı ile aşınma miktarının düştüğü görülmektedir. Bunun nedeni Tablo 1’de de görüleceği üzere AIB₂ ile güçlendirilen bölgelerin sertlik değerinin daha yüksek olmasıdır. Yapılan önceki çalışmalarda artan sertlik değeri ile aşınma miktarının azaldığı rapor edilmiştir (Radhika and Raghu, 2016) (Ficici, 2016) (Kumar et al., 2008) (Savaş, 2019). AIB₂ ile güçlendirilen bölgelerin aşınma miktarının güçlendirilmemiş bölgelere nazaran sertliğinin daha düşük olmasının nedeni, artan sertlikle birlikte aşındırıcı partiküllerinin aşınan yüzeylere aşındırıcı partiküllerin penetre olamamasından kaynaklanmaktadır.

4. Sonuç

1. Fonksiyonel derecelendirilmiş kompozitlerin ağırlık kayıpları üzerine % 90 güven düzeyi için en etkili faktörün aşındırıcı partikül boyutu olduğu ve onu sırasıyla yük ve takviye oranı faktörlerinin izlediği tespit edilmiştir.

2. Alüminyum içerisine ilave edilen % 8 oranında AIB₂ ile kompozitlerin aşınma özelliklerinin % 17 oranında iyileşme sağladığı tespit edilmiştir. Uygulanan yükün %18 ve aşındırıcı partikül boyutunun % 53 oranında aşınma özelliklerini etkilediği görülmüştür.
3. Taguchi yaklaşımı ile 8 adet deney reçetesi ile bir regresyon denklemi oluşturularak, farklı şartlarda fonksiyonel derecelendirilmiş kompozitlerin aşınma miktarlarının tahmini başarılı bir şekilde yapılmıştır.
4. Bundan sonraki çalışmalarda AIB₂ kompozitlerin aşınma davranışlarının belirlenmesinde takviye oranı, yük, aşındırıcı partikül boyutu faktörlerinin yanında kayma mesafesi, kayma hızı vb. faktörleri ele alınarak bir lineer regresyon model oluşturmak, daha doğru aşınma miktarlarının tahminini sağlayacaktır.

5 Beyanname

5.1 Rakip Çıkarlar

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

5.2 Yazarların Katkıları

ÖNER : Fikir, Tasarım, Denetleme, Analiz ve/veya Yorum, Literatür Taraması, Yazı Yazan

SAVAŞ : Fikir, Tasarım, Denetleme, Analiz ve/veya Yorum, Literatür Taraması, Yazı Yazan

5.3 Teşekkür

This study was supported by Yıldız Technical University (YTU), Scientific Research Project Coordination (BAP) (project no: FLO-2022-4918). Thanks to YTU BAP for the financial support.

Kaynaklar

- Deppisch, C. et al. (1997) 'Processing and mechanical properties of AIB₂ flake reinforced Al-alloy composites', 225(96), pp. 153–161.
- Ficici, F. (2016) 'The experimental optimization of abrasive wear resistance model for an in-situ AIB₂/Al-4Cu metal matrix composite', *Industrial Lubrication and Tribology*, 68(6), pp. 632–639. doi: 10.1108/ILT-12-2015-0198.
- İnci, E. and Savaş, Ö. (2020) 'AIB₂ Borür Takviyeli Alüminyum Matrisli Kompozitlerin Abrasif Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi Üzerine Deneysel Bir Çalışma An Experimental Study on Investigation of Abrasive Properties of AIB₂ Borid Reinforced Aluminium Matrix Composites', (19), pp. 873–880. doi: 10.31590/ejosat.724381.
- Kane, S. N., Mishra, A. and Dutta, A. K. (2016) 'Preface: International Conference on Recent Trends in Physics (ICRTP 2016)', *Journal of Physics: Conference Series*, 755(1). doi: 10.1088/1742-6596/755/1/011001.
- Karun, A. S. (2017) *Fabrication and Characterization of Functionally Graded Metal and Polymer Composites by Sequential and Centrifugal Casting Techniques*.
- Kayıkçı, R. and Savaş, Ö. (2015a) 'Fabrication and properties of functionally graded Al/AIB₂ composites', *Journal of Composite Materials*, 49(16), pp. 2029–2037. doi: 10.1177/0021998314541490.
- Kayıkçı, R. and Savaş, Ö. (2015b) 'Fabrication and properties of in-situ Al/AIB₂ composite reinforced with high aspect ratio borides', *Steel and Composite Structures*, 19(3), pp. 777–787. doi: 10.12989/scs.2015.19.3.777.

- Ko, M. (2006) 'Abrasive wear of Al 2 O 3 particle reinforced 2024 aluminium alloy composites fabricated by vortex method', 37, pp. 457–464. doi: 10.1016/j.compositesa.2005.05.038.
- Kumar, S. et al. (2008) 'Tensile and wear behaviour of in situ Al-7Si/TiB2 particulate composites', *Wear*, 265(1–2), pp. 134–142. doi: 10.1016/j.wear.2007.09.007.
- Kumar, S., Sarma, V. S. and Murty, B. S. (2007) 'Influence of in situ formed TiB2 particles on the abrasive wear behaviour of Al-4Cu alloy', *Materials Science and Engineering A*, 465(1–2), pp. 160–164. doi: 10.1016/j.msea.2007.02.117.
- Ma, Z. Y., Tjong, S. C. and Li, Y. L. (1999) 'The performance of aluminium-matrix composites with nanometric particulate Si ± N ± C reinforcement', 59, pp. 263–270.
- Melgarejo, Z. H., Suárez, O. M. and Sridharan, K. (2008) 'Composites : Part A Microstructure and properties of functionally graded Al – Mg – B composites fabricated by centrifugal casting', 39, pp. 1150–1158. doi: 10.1016/j.compositesa.2008.04.002.
- Nadu, T. (2016) 'Review of Centrifugal Casting of Aluminium Composites', pp. 933–935.
- Naebe, M. and Shirvanimoghaddam, K. (2016) 'Functionally graded materials: A review of fabrication and properties', *Applied Materials Today*. Elsevier Ltd, 5, pp. 223–245. doi: 10.1016/j.apmt.2016.10.001.
- Ozdin, K. (2007) 'Wear resistance of aluminium alloy and its composites reinforced by Al 2 O 3 particles', 183, pp. 301–309. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2006.10.021.
- Pramod, S. L., Bakshi, S. R. and Murty, B. S. (2015) 'Aluminum-Based Cast In Situ Composites: A Review', *Journal of Materials Engineering and Performance*. Springer US, 24(6), pp. 2185–2207. doi: 10.1007/s11665-015-1424-2.
- Radhika, N. and Raghu, R. (2016) 'Effect of Abrasive Medium on Wear Behavior of Al/AIB2 Functionally Graded Metal Matrix Composite', *Tribology Online*, 11(3), pp. 487–493. doi: 10.2474/trol.11.487.
- Radhika, N. and Raghu, R. (2018) 'Effect of Centrifugal Speed in Abrasive Wear Behavior of Al-Si5Cu3/SiC Functionally Graded Composite Fabricated by Centrifugal Casting', *Transactions of the Indian Institute of Metals*. Springer India, 71(3), pp. 715–726. doi: 10.1007/s12666-017-1204-9.
- Rosso, M. (2006) 'Ceramic and metal matrix composites: Routes and properties', *Journal of Materials Processing Technology*, 175(1–3), pp. 364–375. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2005.04.038.
- Ross PJ. In: Taguchi techniques for quality engineering, loss function, orthogonal experiments, parameter and tolerance design. New York: McGraw-Hill Inc.; 1988.
- Savaş, Ö. et al. (2013) 'Production of Functionally Graded AIB2/Al-4%Mg Composite by Centrifugal Casting', *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*, 1(2), pp. 2–7. doi: 10.21533/pen.v1i2.23.
- Savaş, Ö. (2019) 'The production and properties of Al3Ti reinforced functionally graded aluminum matrix composites produced by the centrifugal casting method', *Materials Research Express*, 6(12). doi: 10.1088/2053-1591/ab562c.
- Savaş, Ö. and Karataş, C. (2022) 'Technology and Environment ISSN (Print): 1844-6116 ISSN (Online): 2501-8795 PRODUCIBILITY OF FUNCTIONALLY GRADED AIB 2 / Al COMPOSITE MATERIAL *Journal of Marine Technology and Environment* ISSN (Print): 1844-6116 ISSN (Online): 2501-8795', pp. 79–83. doi: 10.53464/JMTE.ISSN.
- Tjong, S. C. and Ma, Z. Y. (2000) 'Microstructural and mechanical characteristics of in situ metal matrix composites', *Materials Science and Engineering R: Reports*, 29(3), pp. 49–113. doi: 10.1016/S0927-796X(00)00024-3.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Araştırma Makalesi

Journal of Marine and Engineering Technology (JOINMET) 2(1), 50-57, 2022

Received: 03-Jun-2022 Accepted: 18-Jun-2022



SAKARYA UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

Binalarda Kullanılan MR Damperli Yarı Aktif Kütle Sönümleyicisinin Performans Analizi

Hüseyin AGGÜMÜŞ¹

¹Şırnak Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Şırnak Üniversitesi,
haggumus@sirnak.edu.tr

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, yapısal titreşim kontrolünde kullanılan MR damperli yarı-aktif ayarlı kütle sönümleyicisinin (YAKS) performansını, çok serbestlik dereceli bir bina modeli üzerinde incelemektir. YAKS'nin sistem cevaplarına etkisi binanın en üst katına ve birinci katına yerleştirilerek test edilmiştir. MR damperler yarı aktif kontrol elemanlarıdır. İletilen gerilime göre, sisteme uyguladıkları kuvvet değişir. Bu sebeple MR dampere iletilen gerilimi belirlemede, gerek basitliği gerekse performansı nedeniyle groundhook kontrol algoritması kullanılmıştır. Sonuçlar, YAKS'nin her iki yerleşiminde de sistem performansının iyileştirdiğini, en iyi performansın binanın en üst katına yerleştirilmesiyle elde edildiğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapısal titreşim kontrolü, MR damper, Yarı-aktif kütle sönümleyicisi (YAKS), Groundhook control.

Performance Analysis of MR Damper Semi-Active Mass Damper Used in Buildings

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the performance of a semi-active tuned mass damper (STMD) using an MR damper, which is preferred in structural vibration control, on a multi-degree-of-freedom building model. The effect of STMD on system responses was tested by placing it on the top floor and first floor of the building. MR dampers are semi-active control elements. According to the transmitted voltage, the force applied to the system changes. For this reason, groundhook control algorithm has been used in determining the voltage transmitted to the MR damper due to its simplicity and performance. The results revealed that the system performance improved in both placements of STMD, with the best performance being achieved when placed on the top floor of the building.

Keywords: Structural vibration control, MR damper, Semi-active mass damper (STMD), Groundhook control.

¹ Sorumlu Yazar : haggumus@sirnak.edu.tr

1. Giriş

Yapısal sistemlerin kontrolü, gerek yapının güvenliği, gerekse yapı içindeki yerleşimcilerin güvenlik ve konforu için kritik önem arz etmektedir. Gerek aktif kontrol uygulamaları (Guclu and Yazici, 2009a, 2009b, 2008; Guclu, 2003; Turan and Aggumus, 2021.), gerekse yarı aktif kontrol uygulamaları (Turan and Aggümüş, 2021; Aggumus and Cetin, 2018; Aggumus and Guclu, 2020; Paksoy and Aggümüş, 2022) ile harici bozucular etkisindeki yapıların cevaplarını bastırmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Yapısal titreşim kontrolünde ayarlı kütle sönümleyicileri (AKS) yaygın olarak kullanılır. Genel olarak, pasif kontrol elemanı olan AKS'lere aktif ve yarı aktif kontrol yöntemleri uygulanmıştır. Literatürde AKS'lerin aktif kontrolü ile ilgili lineer (Guclu, 2003; Guclu and Yazici, 2008) ve lineer olmayan (Guclu and Yazici, 2009a, 2009b) bir çok kontrol uygulaması yapılmıştır. Aktif kontrol uygulamaları yapısal titreşimleri bastırmada yüksek performans göstermelerine rağmen, uygulamada kullanılan ekipmanların maliyeti ve doğal bir afet esnasında enerji kesintisinin olması durumunda bu kontrolcünün çalışmaması, kontrol uygulamalarındaki dezavantajlarıdır. AKS'lerin pasif olarak çalıştırıldıklarında performansları kısıtlıdır. AKS'lerdeki yarı-aktif kontrol uygulaması, hem pasif kontrolden daha iyi performans gösterir hem de güvenilirdir.

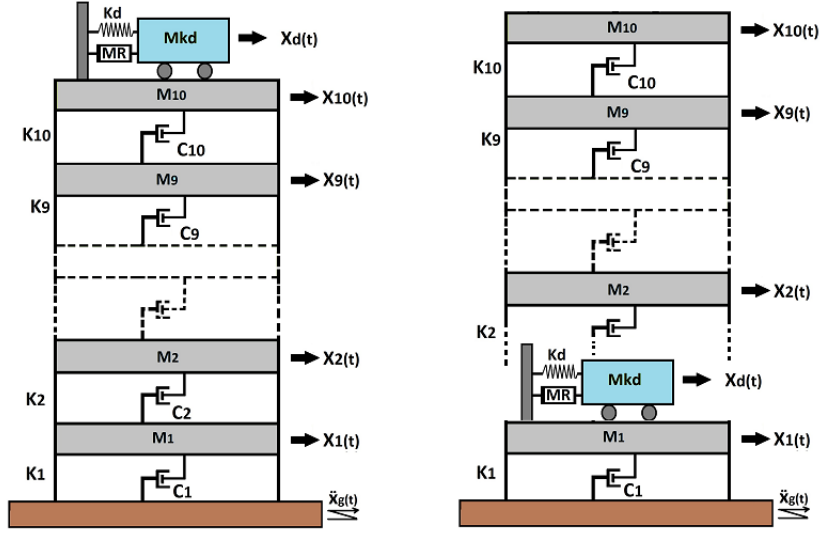
Yarı-aktif kontrol elemanlarından olan MR damperler, büyük kuvvet kapasitesi ve düşük güç tüketimi gibi avantajlarından dolayı yapısal sistemlerde yaygın olarak kullanılır. YAKS'lerde de yarı-aktifliği sağlayan sönüm elemanı olarak tercih edilmektedir. Literatürde, MR damperli YAKS'ler ile ilgili yapılan simülasyon çalışmalarında, Nedensel alt-optimal kontrol şemaları (Aldemir, 2003), Kırpılmış optimal kontrol (Lin et al., 2005), Doğrusal kuadratik regülatör (LQR) (Tse et al., 2007), Optimal bulanık kontrol ile sky-groundhook kontrol (Kim and Kang, 2012), Çok girişli çoklu çıkış (MIMO) bulanık mantık kontrol (FLC) (Kim, 2016), Tip 1 ve 2 bulanık mantık kontrol (Bathaei et al., 2018), Yapışkan olmayan sürtünme kontrol yasası (Lin et al., 2012), Bang-Bang kontrolü (Aly, Aly Mousaad, 2015) gibi bir çok kontrol metodu kullanılmıştır. Sayısal simülasyon çalışmalarının yanı sıra deneysel çalışmalarda, groundhook kontrol (Setareh et al., 2007), LQR kontrol (Lin et al., 2013) gibi farklı kontrol yöntemleri kullanılmıştır. Deneysel ve simülasyon çalışmalarına ek olarak, hibrit simülasyon çalışmaları da gerçekleştirilmiştir (Aggumus and Guclu, 2020). YAKS'lerin performansları araştırılmıştır. İncelenen çalışmalarda kullanılan YAKS'ler yapıların en üst katlarına yerleştirilmiştir.

Bu çalışmada YAKS'lerin farklı iki yerleşiminin harmonik tahrik altındaki bir binanın cevaplarına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla birinci durumda YAKS on katlı bir bina modelinin en üst katına, ikinci durumda ise birinci katına yerleştirilerek sistemin yarı-aktif kontrol performansı araştırılmıştır.

2 Materyal ve Metot

2.1 Bina Modeli Hareket Denklemleri

Bu çalışmada incelenen on katlı binadaki kontrol durumları, Şekil 1'deki gibidir. Tüm kontrol durumları için yapının sadece yanal titreşimleri göz önüne alınmıştır.



Şekil 1. Bina modelinde YAKS'nin yerleşimleri: a) YAKS 10. katta, b) YAKS 1. katta

Yerdeğiştirme vektörü,

$$x = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5 \ x_6 \ x_7 \ x_8 \ x_9 \ x_{10} \ x_d]^T \quad (2)$$

sismik giriş vektörü,

$$L = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1] \quad (3)$$

Kontrolcünün yerini gösteren vektör iki farklı yerleşim olduğu için iki farklı şekilde olmalıdır ve YAKS'nin 10. katta olması durumunda

$$H_s = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1]^T \quad (4)$$

şeklinde, YAKS'nin 1. katta olması durumunda ise

$$H_s = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1]^T \quad (5)$$

şeklinde dir.

Model parametreleri, $m_{1...10} = 72 \text{ t}$, $k_{1...10} = 13 \times 10^7 \text{ N/m}$, $c_{1...10} = 1.24 \times 10^6 \text{ Ns/m}$. YAKS'nin kütle oranı 0.03 seçilerek kütlesi $m_d = 2.16 \text{ t}$ rijitlik değeri ise $k_d = 7.8618 \times 10^5$ hesaplanmıştır (Leung and Zhang, 2009). Bozucu giriş olarak; 20 s süresine sahip, bina modelinin kritik doğal frekansına eşit frekanslı (1.0108 Hz) ve $0.002xg \text{ m/s}^2$ genlik değerine sahip harmonik tahrik kullanılmıştır. Burada g , yerçekim ivmesidir.

2.2 MR damper Modeli

Hem basit hem de oldukça hassas bir şekilde MR sönümleyicinin dinamiğini tahmin edebilen LuGre sürtünme modeline göre, MR sönümleyici tarafından üretilen kuvvetin denklemi aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Terasawa et al., 2004).

$$f = \sigma_a z + \sigma_0 z v + \sigma_1 \dot{z} + \sigma_2 \dot{x}_1 + \sigma_b \dot{x}_1 v \quad (6)$$

$$\dot{z} = \dot{x}_1 - a_0 |\dot{x}_1| z \quad (7)$$

z değişkeni MR akışındaki değişimi temsil eden iç dinamik değişkenini, v ise aynı zamanda kontrol girişi de olan, gerilimi ifade etmektedir. σ_0 , $v(t)$ ile değişen $z(t)$ nin rijitliği [N/m.V], σ_1 , $z(t)$ ' nin sönüm katsayısı [N.s/m], σ_2 , viskoz sönüm katsayısı [N.s/m], σ_a , $z(t)$ ' nin rijitliği [N/m], σ_b , $v(t)$ ile değişen viskoz sönüm katsayısı [N.s/(m.V)] ve a_0 ise sabit katsayı [V/N] olarak ifade edilmektedir (Sakai et al., 2003).

2.3 Groundhook kontrol

Bu çalışmada MR dampere gönderilen gerilimi belirlemek için yer değiştirme groundhook kontrol algoritması kullanılmıştır. Şekil 2'de gösterilen groundhook konfigürasyonları pratikte gerçekleştirilemez. Çünkü damper gökyüzüne veya hareketsiz bir atalet çerçevesine sabitlenemediğinden dolayı groundhook kontrolde amaç, yapı ile toprak arasındaki pasif bir sönümleyicinin ideal yapısal konfigürasyonunu taklit etmektir (Kim and Kang, 2012; Koo et al., 2004).

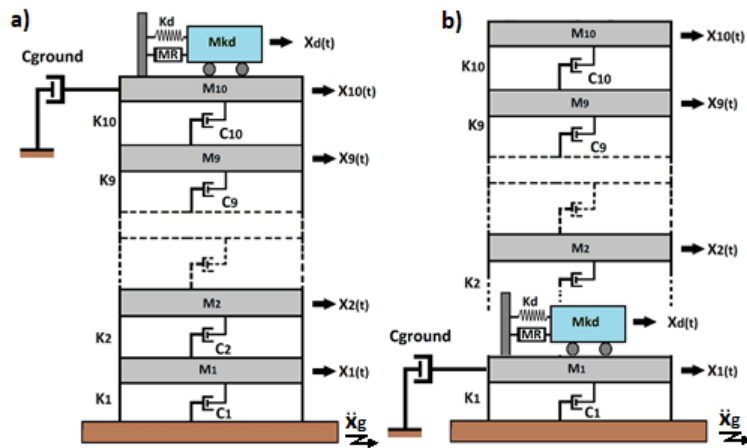
Şekil 2'de rölatif hız, YAKS'nin hızının yapının hızından çıkarılmasıyla tanımlanır. Yer değiştirmeye dayalı groundhook kontrol, rölatif hız ve YAKS'nin x_{kd} yer değiştirmesi kullanılarak tanımlanır. Groundhook kontrol algoritmasında, komut gerilimi minimum ve maksimum seviye arasında değiştirilir ve YAKS'nin 1. katta olması durumunda aşağıdaki koşullara göre gerçekleştirilir:

$$V = \begin{cases} V_{max} & \text{eğer } x_1(dx_1 - dx_{kd}) \geq 0 \\ V_{min} & \text{eğer } x_1(dx_1 - dx_{kd}) < 0 \end{cases} \quad (8)$$

YAKS'nin 10. Katta olması durumunda da aşağıdaki koşullara göre gerçekleştirilir:

$$V = \begin{cases} V_{max} & \text{eğer } x_{10}(dx_{10} - dx_{kd}) \geq 0 \\ V_{min} & \text{eğer } x_{10}(dx_{10} - dx_{kd}) < 0 \end{cases} \quad (9)$$

V_{min} minimum voltaj, V_{max} maksimum voltajdır. MR dampere iletilecek maksimum ve minimum gerilimler, $V_{max} = 10v$ ve $V_{min} = 0$ olarak belirlenmiştir. Eşitlik 8 ve Eşitlik 9'da görüldüğü gibi groundhook kontrolüne dayanan komut, MR dampere gönderilen gerilimi çok basit bir hesaplama ile belirler (Kim and Kang, 2012).



Şekil. 2 Groundhook kontrol konfigürasyonu a) YAKS 10. katta, b) YAKS 1. Katta

2.4 Yapısal titreşim performans değerlendirmeleri

Yapısal sistem performansını değerlendirmede diğer bir adım, Ohtori vd. (Ohtori et al., 2004) tarafından oluşturulan ve aşağıdaki gibi verilen performans indekslerini incelemektir (Aggumus and Cetin, 2018).

$$J_1 = \max \left\{ \frac{\max_{t,i} |d_i(t)|}{\delta^{max}}, \frac{\max_{t,i} |\ddot{x}_{ai}(t)|}{\ddot{x}_a^{max}} \right\} \quad (10)$$

$$\delta^{max} = \frac{|d_i(t)|}{h_i} \quad (11)$$

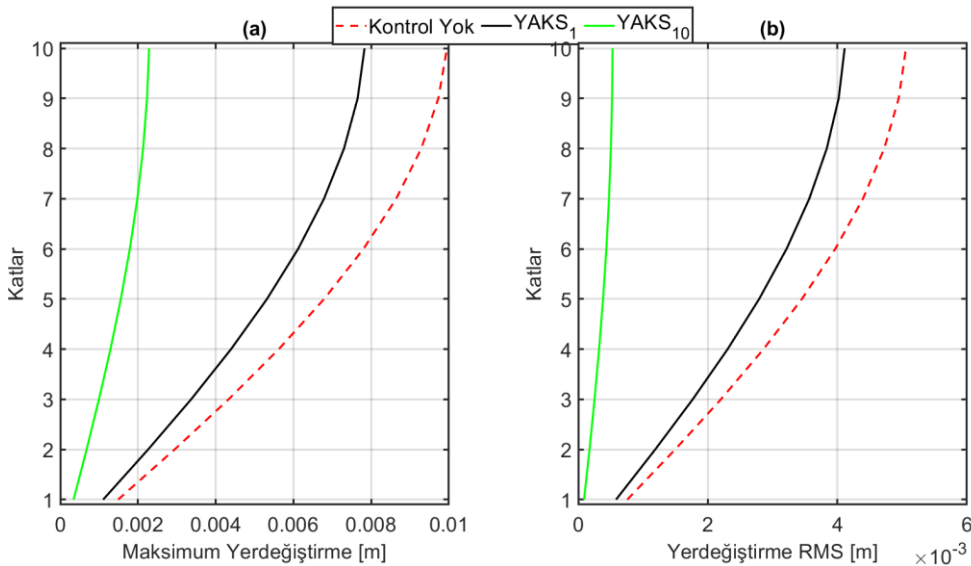
Burada, δ^{max} kontrolcüsüz durumdaki maksimum katlar arası yer değiştirme oranını, h_i katlar arası mesafeyi, d_i katlar arası yer değiştirmeyi, \ddot{x}_a^{max} kontrolcüsüz durumdaki maksimum mutlak ivme olarak ifade edilmektedir. Katlar arası mesafeler eşit olduğunda, h_i ihmal edilebilir (Cetin et al., 2011). Birinci performans indeksi (J_1) katlar arasındaki genliklerdeki maksimum değerleri, ikinci performans indeksi (J_2) ise ivmenin maksimum değerini esas almaktadır.

3 Araştırma ve Bulgular

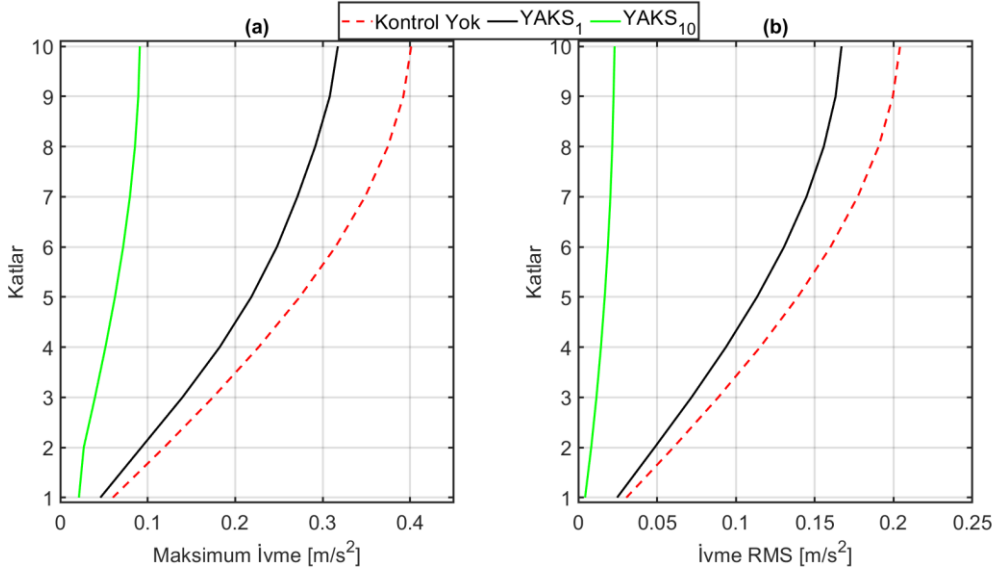
YAKS'nin bina modeli üzerindeki performansını incelemek için sistemin zaman cevapları incelenmiştir. YAKS'nin binanın 10. katında olduğu durum (YAKS10) ve YAKS'nin binanın 1.katında olduğu durum (YAKS1) karşılaştırılmıştır. Tüm katların maksimum yer değiştirme ve maksimum ivme cevapları ile yer değiştirme RMS ve ivme RMS değerleri incelenmiştir. Şekil 3'te yerdeğiştirme cevapları, Şekil 4'te ivme cevapları görülmektedir.

Şekil 3 (a)'da maksimum yerdeğiştirmeler, Şekil 3 (b)'de ise yerdeğiştirme RMS değerleri görülmektedir. Sistemin yerdeğiştirme cevaplarında ait YAKS performansları, her iki kontrol etkisinde de sistem cevaplarında iyileşmeler göstermiş olup, YAKS10 kontrol durumunun YAKS1 kontrol durumundan belirgin bir şekilde daha iyi performans sergilediği görülmüştür.

Şekil 4 (a)'da maksimum ivmeler, Şekil 3 (b)'de ise ivme RMS değerleri görülmektedir. Sistemin ivme cevaplarına ait YAKS performanslarında da, yerdeğiştirme cevaplarına benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 3. YAKS kontrol durumlarına ait maksimum cevaplar: a) Maksimum yerdeğiştirme b) Yerdeğiştirme RMS



Şekil 4. YAKS kontrol durumlarına ait maksimum cevaplar: a) Maksimum ivme b) İvme RMS

Tablo 1’de yapısal sistem performans indeksleri gösterilmektedir. Performans indekslerinde kontrolün olmadığı durum ile YAKS10 ve YAKS1 durumları oranlanmaktadır. Bütün kontrol durumlarında, performans ölçütlerinin 1’den küçük olması, sistem performanslarının iyileşmesi anlamına gelir. YAKS10 kontrol durumunda j_1 ve j_2 değerlerinin 1’den düşük olması sistem cevaplarının başarılı bir şekilde bastırıldığını gösterir. YAKS1 kontrol uygulaması ise j_1 ’de beklenen performansı göstermiş, j_2 ’de ise sistem cevabında bir iyileşme söz konusu değildir. Fakat, birinci hedef yerdeştirmelerdeki iyileştirmeler olduğunda j_2 ’nin yaklaşık olarak 1 olması kabul edilebilir bir durumdur.

Tablo 1. Performans indeksleri

Kontrol Durumları	J_1	J_2
YAKS ₁	0.7791	1.0155
YAKS ₁₀	0.2306	0.7529

4 Sonuçlar

Bu çalışmada, MR damperli YAKS’yi on katlı bir bina modelinin 1. ve 10. katlarına ayrı ayrı yerleştirilerek performans analizi gerçekleştirilmiştir. Bina modelinin kritik frekansına eşit frekanslı bir harmonik tahrik sisteme etki ettirilmiştir. YAKS’deki yarı aktifliği sağlayan kontrol elemanı olan MR dampere iletilen gerilimi belirlemek için, yerdeğiştirme tabanlı groundhook kontrol algoritması kullanılmıştır. YAKS yerleşimlerinin sistem cevaplarına etkisi, kontrolün olmadığı durum ile YAKS’nin 1. katta ve 10. katta olduğu durum karşılaştırılarak elde edilmiştir. Sonuçlar, her iki YAKS yerleşiminin de sistemin zaman cevaplarını bastırıldığını göstermiştir. Ayrıca gerek zaman cevaplarındaki eğriler gerekse performans indekslerindeki değerler de açıkça göstermektedir ki YAKS’nin binanın 10. katına yerleştirilmesinin sistem cevaplarını daha etkili bir şekilde bastırmıştır.

5 Beyanname

5.1 Rakip Çıkarlar

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

5.2 Yazarların Katkıları

Çalışmanın tamamı Sorumlu Yazar Hüseyin AGGÜMÜŞ tarafından gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Aggumus, H., Cetin, S., 2018. Experimental investigation of semiactive robust control for structures with magnetorheological dampers. *J. Low Freq. Noise Vib. Act. Control* 37, 216–234. <https://doi.org/10.1177/0263092317711985>
- Aggumus, H., Guclu, R., 2020. Robust H_∞ Control of STMDs Used in Structural Systems by Hardware in the Loop Simulation Method. *Actuators* 9, 55. <https://doi.org/10.3390/act9030055>
- Aldemir, U., 2003. Optimal control of structures with semiactive-tuned mass dampers. *J. Sound Vib.* 266, 847–874. [https://doi.org/10.1016/S0022-460X\(03\)00191-3](https://doi.org/10.1016/S0022-460X(03)00191-3)
- Aly, Aly Mousaad, 2015. Control of wind-induced motion in high-rise buildings with hybrid TM/MR dampers. *Wind Struct.* 21, 565–595. <https://doi.org/10.12989/WAS.2015.21.5.565>
- Bathaei, A., Zahrai, S.M., Ramezani, M., 2018. Semi-active seismic control of an 11-DOF building model with TMD+MR damper using type-1 and -2 fuzzy algorithms. *J. Vib. Control* 24, 2938–2953. <https://doi.org/10.1177/1077546317696369>
- Cetin, S., Zergeroglu, E., Sivrioglu, S., Yuksek, I., 2011. A new semiactive nonlinear adaptive controller for structures using MR damper: design and experimental validation. *Nonlinear Dyn.* 66, 731–743.
- Guclu, R., 2003. Fuzzy logic control of vibrations of analytical multi-degree-of-freedom structural systems. *Turk. J. Eng. Environ. Sci.* 27, 157–168.
- Guclu, R., Yazici, H., 2009a. Seismic-vibration mitigation of a nonlinear structural system with an ATMD through a fuzzy PID controller. *Nonlinear Dyn.* 58, 553–564. <https://doi.org/10.1007/s11071-009-9500-5>
- Guclu, R., Yazici, H., 2009b. Self-tuning fuzzy logic control of a non-linear structural system with ATMD against earthquake. *Nonlinear Dyn.* 56, 199–211. <https://doi.org/10.1007/s11071-008-9392-9>
- Guclu, R., Yazici, H., 2008. Vibration control of a structure with ATMD against earthquake using fuzzy logic controllers. *J. Sound Vib.* 318, 36–49. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2008.03.058>
- Kim, H.-S., 2016. Seismic response control of adjacent buildings coupled by semi-active shared TMD. *Int. J. Steel Struct.* 16, 647–656. <https://doi.org/10.1007/s13296-016-6030-0>
- Kim, H.-S., Kang, J.-W., 2012. Semi-active fuzzy control of a wind-excited tall building using multi-objective genetic algorithm. *Eng. Struct.* 41, 242–257. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.03.038>
- Koo, J.-H., Ahmadian, M., Setareh, M., Murray, T., 2004. In Search of Suitable Control Methods for Semi-Active Tuned Vibration Absorbers: *J. Vib. Control*. <https://doi.org/10.1177/1077546304032020>
- Leung, A.Y.T., Zhang, H., 2009. Particle swarm optimization of tuned mass dampers. *Eng. Struct.* 31, 715–728. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2008.11.017>
- Lin, G.-L., Lin, C.-C., Lu, L.-Y., Ho, Y.-B., 2012. Experimental verification of seismic vibration control using a semi-active friction tuned mass damper: SEISMIC VIBRATION CONTROL USING A SEMI-ACTIVE FRICTION TUNED MASS DAMPER. *Earthq. Eng. Struct. Dyn.* 41, 813–830. <https://doi.org/10.1002/eqe.1162>

- Lin, P.Y., Chung, L.L., Loh, C.H., 2005. Semiactive Control of Building Structures with Semiactive Tuned Mass Damper. *Comput.-Aided Civ. Infrastruct. Eng.* 20, 35–51. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2005.00375.x>
- Lin, P.-Y., Lin, T.-K., Hwang, J.-S., 2013. A semi-active mass damping system for low- and mid-rise buildings. *Earthq. Struct.* 4, 63–84. <https://doi.org/10.12989/EAS.2013.4.1.063>
- Ohtori, Y., Christenson, R.E., Spencer Jr, B.F., Dyke, S.J., 2004. Benchmark control problems for seismically excited nonlinear buildings. *J. Eng. Mech.* 130, 366–385.
- Paksoy, M., Aggümüş, H., 2022. MR Sönümleyicili Yarı Aktif Ayarlı Kütle Sönümleyicisinin Uyarlamalı Kontrolü. *Avrupa Bilim Ve Teknol. Derg.* 68–73. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1020498>
- Sakai, C., Ohmori, H., Sano, A., 2003. Modeling of MR damper with hysteresis for adaptive vibration control, in: 42nd IEEE International Conference on Decision and Control (IEEE Cat. No.03CH37475). pp. 3840–3845 vol.4. <https://doi.org/10.1109/CDC.2003.1271748>
- Setareh, M., Ritchey, J.K., Murray, T.M., Koo, J.-H., Ahmadian, M., 2007. Semiactive Tuned Mass Damper for Floor Vibration Control. *J. Struct. Eng.* 133, 242–250. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2007\)133:2\(242\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2007)133:2(242))
- Terasawa, T., Sakai, C., Ohmori, H., Sano, A., 2004. Adaptive identification of MR damper for vibration control, in: 2004 43rd IEEE Conference on Decision and Control (CDC) (IEEE Cat. No.04CH37601). pp. 2297-2303 Vol.3. <https://doi.org/10.1109/CDC.2004.1428732>
- Tse, K.T., Kwok, K.C.S., Hitchcock, P.A., Samali, B., Huang, M.F., 2007. Vibration control of a wind-excited benchmark tall building with complex lateral-torsional modes of vibration. *Adv. Struct. Eng.* 10, 283–304.
- Turan A., Aggümüş H., 2021. Mr Damperli Yarı Aktif Yapısal Sistem İçin Optimal PID Kontrolcü Tasarımı, : Mühendislik Alanında Uluslararası Araştırmalar II. pp. 101-110.
- Turan A., Aggumus H., 2021. Implementation of Advanced PID Control Algorithm for SDOF System. *Journal of Soft Computing and Artificial Intelligence.* 2(2): 98-107.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).