

VERİMLİLİK DERGİSİ



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

Cilt: 57 | Sayı: 1

Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü ve Parçalı Elastiklik Analizi: OECD Ülkelerinin Tarımsal Performansları Üzerine Bir Uygulama

Ceren DİRİK, Serap ŞAHİN, Kazım Barış ATICI

Heterojen Araçlar ile Sürdürülebilir Birebir Toplama ve Dağıtım Problemi Üzerine Bir Analiz

Muhammed Enes TAŞDAN, Cem MENTEN, Mehmet SOYSAL, Mustafa ÇİMEN

Kamu Destek ve Teşviklerinin Firma Performansına Etkisi

Müşerref KÜÇÜKBAYRAK

Correlation of Relatedness and Complexity with Patent Applications: A Regional Analysis from Türkiye

Sedef AKGÜNGÖR, Mert ABAY

Jevons Paradoksu Hala Geçerli mi? Yükselen Piyasa Ekonomileri Örneği

Ecem TURGUT, Yeliz SARIÖZ GÖKTEN

Yoğun Bakım Ünitelerinin Etkinliklerinin Değerlendirilmesi: Bir Üniversite Hastanesi Örneği

Mustafa DEDECAN, Nazan TORUN

Forecasting of Renewable Energy Generation for Turkey by Artificial Neural Networks and ARIMA Model: 2023 Generation Targets by Renewable Energy Resources

Özlem KARADAĞ ALBAYRAK

Kalkınma ve Yatırım Bankalarının Performanslarının MULTIMOORA Yöntemiyle Karşılaştırılması: Türkiye Örneği

Asuman Erben YAVUZ, Adalet HAZAR, Şenol BABUŞCU

Isı Rezistans Fabrikasında Ergonomik Risk Değerlendirme ve Hedef Programlama ile Personel Planlama

Dilara Nur DEMİRTAŞ, Emre YAZICI, Halenur OLCAR, Fatma Nur KUŞCU, Ceren BAŞER, Hacı Mehmet ALAKAŞ

Value of Information Management in Closed Loop Supply Chain with Blockchain Applications

Belkız TORĞUL, Turan PAKSOY

Şirket Performans Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi: BİST-30 Şirketleri Üzerinde Analitik İnceleme

Yaşar KÖSE, Emre YILMAZ

Sağlık Kurumlarında Yalın Yönetim: Bursa İlinde Bir Uygulama Örneği

Buse FİDAN TÜRKÖN, Aynur TORAMAN

Türkiye Ekonomisinde Verimlilik ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin ARDL Sınır Testi Yaklaşımıyla İncelenmesi

Remzi HARK, Levent GÖKDEMİR

JOURNAL OF PRODUCTIVITY



VERİMLİLİK DERGİSİ

Journal of Productivity

T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

Stratejik Araştırmalar ve Verimlilik Genel
Müdürlüğü'nün Yayınıdır

ISSN: 1013-1388 e-ISSN: 2757-6973

Cilt: 57 Sayı: 1

Yayın Türü
Yerel-Sürelili / Türkçe-İngilizce

Sahibi
T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI
STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
adına
Genel Müdür

Prof. Dr. İker Murat AR

Editör
Doç. Dr. Önder BELGİN

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Nazlı SAYLAM BÖLÜKBAŞ

Grafik Tasarım ve Uygulama
Şeniz KOBAL

İngilizce Redaksiyon
Şirin Müge KAVUNCU

Yönetim Yeri
T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI
STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Adres: Mustafa Kemal Mahallesi Dumlupınar Bulvarı
(Eskişehir Yolu 7. Km) 2151. Cadde No: 154
Çankaya 06510 ANKARA
Tel: 0 312 201 65 02 <https://www.sanayi.gov.tr>
verimlilikdergisi@sanayi.gov.tr
<https://dergipark.org.tr/pub/verimlilik>

Baskı Yeri
Elma Teknik Basım Matbaacılık
Adres: İvedik OSB Matbaacılar Sitesi 1516/1 Sk. No: 35
Yenimahalle 06378 ANKARA
Tel: 0.312. 229 92 65 - Fax: 0.312. 231 67 06 elma@elmateknikbasim.com.tr

Baskı Tarihi
31.01.2023

Dergi üç ayda bir olmak üzere yılda dört kez yayımlanır.

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD

Doç. Dr. Önder BELGİN - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Cangül TOSUN - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Cihan YALÇIN - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Kağan KARADEMİR - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Mevlüt Hürol METE - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Murat MAHMUTOĞLU - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Onur AY TAR - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Sinan BORLUK - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Yücel ÖZKARA - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Alp Eren YURTSEVEN - Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu

DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Adil BAYKASOĞLU - Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Ali SINAĞ - Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Birdoğan BAKI - Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN - İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Cory SEARCY - Toronto Metropolitan University
Prof. Dr. Dirk CZARNITZKI - KU Leuven University
Prof. Dr. Ekrem TATOĞLU - Gulf University for Science and Technology & İbn Haldun Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan Murat ERTUĞRUL - Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Halit KESKİN - Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. İsmail EROL - Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Prof. Dr. Marina DABIC - University of Zagreb
Prof. Dr. Metin DAĞDEVİREN - Yükseköğretim Denetleme Kurulu
Prof. Dr. Mike DILLON - World Confederation of Productivity Science
Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN - Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Muammer ZERENLER - Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa Zihni TUNCA - Süleyman Demirel Üniversitesi
Prof. Dr. Necati ARAS - Boğaziçi Üniversitesi
Prof. Dr. Özlem ATAY - Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Ramazan AKTAŞ - TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Prof. Dr. Selçuk PERÇİN - Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Serpil EROL - Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Süphan NASIR - İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Türkay DERELİ - Hasan Kalyoncu Üniversitesi
Prof. Dr. Yusuf Tansel İÇ - Başkent Üniversitesi
Doç. Dr. Dursun BALKAN - Türk Hava Kurumu Üniversitesi
Doç. Dr. İskender PEKER - Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Kamran MOOSA - PIQC Institute of Quality

Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan yazılarda belirtilen görüşler yazarlarına aittir. Dergide yayımlanan yazılardan, Verimlilik Dergisi'nin adı ve sayısı anılarak alıntı yapılabilir.

Verimlilik Dergisi'nin her sayısının, PDF formatında düzenli bir şekilde e-posta adresinize gönderilmesini istiyorsanız, konu alanına "Verimlilik Dergisi" yazarak verimlilikdergisi@sanayi.gov.tr adresine e-posta gönderebilirsiniz.

Verimlilikle ilgili tüm disiplinlerden gelecek makalelere açık olan Verimlilik Dergisi, 2004 yılından itibaren "Hakemli Dergi" statüsü ile yayımlanmaya başlamıştır. Verimlilik Dergisi, 2008 yılından bu yana TÜBİTAK TR Dizin Sosyal ve Beşeri Bilimler Veri Tabanı'nda taranmaktadır. Verimlilik Dergisi'nde yayınlanması istenen çalışmalara ilişkin süreç yönetimi, TÜBİTAK ULAKBİM DergiPark aracılığıyla yürütülmektedir.

TÜBİTAK

DergiPark
AKADEMİK

EBSCO
HOST

İÇİNDEKİLER

1 22	Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü ve Parçalı Elastiklik Analizi: OECD Ülkelerinin Tarımsal Performansları Üzerine Bir Uygulama <i>Efficiency Measurement and Partial Elasticity Analysis with Data Envelopment Analysis: An Application on Agricultural Performances of OECD Countries</i> Ceren DİRİK, Serap ŞAHİN, Kazım Barış ATICI
23 44	Heterojen Araçlar ile Sürdürülebilir Birebir Toplama ve Dağıtım Problemi Üzerine Bir Analiz <i>An Analysis on Sustainable One-to-One Pickup and Delivery Problem with Heterogeneous Vehicles</i> Muhammed Enes TAŞDAN, Cem MENTEN, Mehmet SOYSAL, Mustafa ÇİMEN
45 72	Kamu Destek ve Teşviklerinin Firma Performansına Etkisi <i>Impact of Public Supports and Incentives on Firm Performance</i> Müşerref KÜÇÜKBAYRAK
73 84	Correlation of Relatedness and Complexity with Patent Applications: A Regional Analysis from Türkiye <i>İlişkililik ve Karmaşıklık ile Patent Başvuruları Arasındaki Korelasyon: Türkiye İçin Bölgesel Bir Analiz</i> Sedef AKGÜNGÖR, Mert ABAY
85 102	Jevons Paradoksu Hala Geçerli mi? Yükselen Piyasa Ekonomileri Örneği <i>Does the Jevons Paradox Still Valid? The Example of Emerging Market Economies</i> Ecem TURGUT, Yeliz SARIÖZ GÖKTEN
103 120	Yoğun Bakım Ünitelerinin Etkinliklerinin Değerlendirilmesi: Bir Üniversite Hastanesi Örneği <i>Assessment of the Efficiency of Intensive Care Units: A Case from A University Hospital</i> Mustafa DEDECAN, Nazan TORUN
121 138	Forecasting of Renewable Energy Generation for Turkey by Artificial Neural Networks and ARIMA Model: 2023 Generation Targets by Renewable Energy Resources <i>Yapay Sinir Ağları ve ARIMA Modeli ile Türkiye İçin Yenilenebilir Enerji Üretiminin Tahmini: 2023 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Göre Üretim Hedefleri</i> Özlem KARADAĞ ALBAYRAK
139 158	Kalkınma ve Yatırım Bankalarının Performanslarının MULTIMOORA Yöntemiyle Karşılaştırılması: Türkiye Örneği <i>Comparison of Performances of Development and Investment Banks with MULTIMOORA Method - Türkiye Example</i> Asuman Erben YAVUZ, Adalet HAZAR, Şenol BABUŞCU
159 180	Isı Rezistans Fabrikasında Ergonomik Risk Değerlendirme ve Hedef Programlama ile Personel Planlama <i>Ergonomic Risk Assessment and Personnel Planning with Goal Programming in Heat Resistance Factory</i> Dilara Nur DEMİRTAŞ, Emre YAZICI, Halenur OLCAR, Fatma Nur KUŞCU, Ceren BAŞER, Hacı Mehmet ALAKAŞ
181 198	Value of Information Management in Closed Loop Supply Chain with Blockchain Applications <i>Blok Zincir Uygulamaları ile Kapalı Döngü Tedarik Zincirinde Bilgi Yönetiminin Değeri</i> Belkız TORĞUL, Turan PAKSOY
199 210	Şirket Performans Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi: BİST-30 Şirketleri Üzerinde Analitik İnceleme <i>Determining the Relationships Between Company Performance Parameters: Analytical Analysis on BIST-30 Companies</i> Yaşar KÖSE, Emre YILMAZ
211 238	Sağlık Kurumlarında Yalın Yönetim: Bursa İlinde Bir Uygulama Örneği <i>Lean Management in Health Institutions: An Implementation Example in Bursa Province</i> Buse FİDAN TÜRKÖN, Aynur TORAMAN
239 252	Türkiye Ekonomisinde Verimlilik ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin ARDL Sınır Testi Yaklaşımıyla İncelenmesi <i>Examining The Relationship Between Productivity and Economic Growth in the Turkish Economy with ARDL Bounds Test Approach</i> Remzi HARK, Levent GÖKDEMİR

Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü ve Parçalı Elastiklik Analizi: OECD Ülkelerinin Tarımsal Performansları Üzerine Bir Uygulama

Ceren DİRİK¹, Serap ŞAHİN², Kazım Barış ATICI³

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, OECD ülkelerinin 2019 yılı tarımsal etkinliğini ölçmek ve kurgulanan senaryolar üzerinden parçalı elastiklik analizleri gerçekleştirilerek ülkelerin kısmi ölçüğe göre getiri karakterizasyonlarını ortaya koymaktır.

Yöntem: Etkinlik ve elastiklik ölçümleri için Veri Zarflama Analizi (VZA) ve VZA tabanlı yöntemler kullanılmıştır.

Bulgular: OECD ülkelerinin %43'ünün etkin bir şekilde faaliyet gösterdiği tespit edilmiş ve ortalama tarımsal etkinliğin 0,87 olduğu saptanmıştır. Elastiklik analizi bulgularına göre seçmeli radyal etkinlik varsayımını sağlayan OECD ülkelerinin büyük bir bölümü için kısa vadede tarımsal büyümenin gerçekleşmesinin beklenmediği, üretim faktörlerinde yaşanabilecek marjinal artışlar karşısında tarımsal çıktıların çoğunlukla azalan veya sabit oranda artış eğiliminde olduğu belirlenmiştir.

Özgünlük: Çalışma, ülke bazında parçalı elastiklik ölçüm modellerinin ilk uygulaması olması ve OECD ülkelerinin tarımsal performanslarına dair bütüncü bir perspektif sunması açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, Elastiklik Analizi, Ölçüğe Göre Getiri, Tarım.

JEL Kodları: C14, C61, Q10.

Efficiency Measurement and Partial Elasticity Analysis with Data Envelopment Analysis: An Application on Agricultural Performances of OECD Countries

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study is to measure the agricultural efficiency of OECD countries in 2019 and to reveal the partial returns to scale characterizations of the countries by performing partial elasticity analyses through the designed scenarios.

Methodology: Data Envelopment Analysis (DEA) and DEA-based methods are used for efficiency and elasticity measurements.

Findings: 43% of OECD countries are found to be operating efficiently and the average agricultural efficiency is determined as 0.87. According to the findings of elasticity analysis, it is specified that for most of the OECD countries that provide the selective radial efficiency assumption, agricultural growth is not expected to be achieved in the short run and agricultural outputs tend to increase at a decreasing or constant rate in the face of marginal increases in production factors.

Originality: The study is important in terms of being the first application of partial elasticity measurement models on a country basis and presenting a holistic view on the agricultural performances of OECD countries.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Elasticity Analysis, Returns to Scale, Agriculture.

JEL Codes: C14, C61, Q10.

¹ Arş. Gör., Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Kırıkkale, Türkiye, cerendirik@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6762-8933 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Dr. Öğr., Üyesi, Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Kırıkkale, Türkiye, serapsahin@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3203-0373.

³ Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye, kba@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0786-9641.

DOI: 10.51551/verimlilik.1117805

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 17.05.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 29.10.2022

Atıf: Dirik, C., Şahin, S. ve Atıcı K.B. (2023). "Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü ve Parçalı Elastiklik Analizi: OECD Ülkelerinin Tarımsal Performansları Üzerine Bir Uygulama", *Verimlilik Dergisi*, 57(1), 1-22.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The strategic importance of agriculture in reducing poverty and hunger and the large ecological footprint of the global food system place the efficient use of agricultural inputs at the center of today's agricultural policies. Reducing hunger and poverty and ensuring food security while protecting natural resources and ecosystems through sustainable agricultural activities are globally common issues and therefore require solutions at the global level.

Background and Purpose

Due to limited resources, increasing efficiency in agriculture, and going one step further, conducting scenario analyses on agricultural production is of great importance in terms of meeting the information needs of the system, being prepared for unexpected situations, and recognizing opportunities/threats. In this respect, the aim of this study is to measure the agricultural efficiency of OECD countries and to reveal the partial returns to scale characterizations of the countries by performing partial elasticity analyses through the designed scenarios.

Methodology

Data Envelopment Analysis (DEA) and DEA-based partial elasticity models are used for efficiency and elasticity measurements. In the analysis, using 2019 data from 37 OECD countries, agricultural land, agricultural labor, livestock, fertilizer, and capital stock are defined as input variables, while crop production value and livestock production value are defined as output variables. Both efficiency and elasticity analysis are performed under constant returns to scale technology. Since it is more meaningful for the agricultural sector to examine the elasticity of the response of outputs to marginal changes compared to inputs, the elasticity measures are based on the elasticity analysis of output sets where the response set consists of only output variables.

Findings

It is determined that 43% of OECD countries are relatively efficient, and the average agricultural efficiency was 0.87. Countries with an efficiency score equal to 1.00 are Belgium, South Korea, Netherlands, Spain, Israel, Italy, Canada, Colombia, Luxembourg, Hungary, Mexico, Poland, Portugal, Chile, New Zealand, and Greece. Iceland has the lowest efficiency level, with an efficiency score of 0,43. According to regional average agricultural efficiency scores, Latin America ranks highest, and Northern Europe ranks last. Among the developing countries in OECD, South Korea, Israel, Colombia, Mexico, and Chile are found to be operating efficiently, while Türkiye is very close to the efficient frontier.

Within the scope of elasticity analysis, mathematical interpretations of the elasticity scores obtained for each scenario are presented. Moreover, it is found that countries exhibit decreasing returns to scale characteristics in agricultural production to a large extent, followed by countries with constant returns to scale characteristics. It is determined that there are very few countries exhibiting increasing returns to scale characteristics. In this context, it is specified that for most of the OECD countries that provide the selective radial efficiency assumption, agricultural growth is not expected to be achieved in the short run and agricultural outputs tend to increase at a decreasing or constant rate in the face of marginal increases in agricultural production factors.

Discussion and Conclusion

The study is essential in terms of being the first application of partial elasticity measurement models on a country basis and presenting a holistic view of the OECD countries' agricultural performances. The study focuses only on the production dimension of agriculture. Future studies can be conducted in which environmental factors are also taken into account in agricultural efficiency and elasticity measurements. As another future research topic, methodological comparison-oriented approaches can be suggested where elasticity findings will be obtained by parametric methods such as Stochastic Frontier Analysis over similar scenarios designed in this study and then compared with DEA-based elasticity findings.

1. GİRİŞ

Bir zamanlar ekonomileri tarıma dayalı olan ülkeler, ekonomik sistemlerini sanayiye ve daha sonra hizmet sektörüne kaydırmış olsalar da tarım sektörü diğer endüstrilere hammadde sağlayarak ve iş olanakları yaratarak gıda üretiminin çoğunlukla en önemli faaliyet olduğu ekonomilerin kalkınma sürecine katkıda bulunmaya devam etmektedir. Ayrıca, Dünya Bankası'nın (2022a) en son verilerine göre 2018 yılında dünya nüfusunun %8,6'sı uluslararası aşırı yoksulluk sınırı olan günlük kişi başı 1,90 uluslararası doların (international dollars – I\$) altında yaşamaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2022a) ise dünyada açlıktan etkilenen insan sayısının arttığına, 2019 yılında %8,4 olan yetersiz beslenme yaygınlığının 2020 yılında %9,9'a çıktığına dikkat çekmektedir. Buna karşılık, Birleşmiş Milletler üyesi ülkeler tarafından kabul edilen ve 2016 yılında yürürlüğe giren Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) kapsamında 2030'a kadar küresel yoksulluğun ve açlığın ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. Yoksulluğun büyük bir bölümünün kırsal alanlarda yoğunlaştığı ve tarım sektörünün kırsal alanlarda hem istihdamın baskın sağlayıcısı hem de önemli bir gelir kaynağı olduğu bilindiğinden, tarımsal etkinliğin değeri net bir şekilde anlaşılmaktadır.

Tarım sektörü her ne kadar düşük ve orta gelirli ülkeler için ekonomik büyüme yolunda ve yoksulluğun azaltılması noktasında büyük bir öneme sahip olsa da aslında gıda üretimi tüm ülkeleri kapsayan birbirine bağlı bir sistemdir. Son yıllarda artan ve 2011'den bu yana en yüksek seviyelerine ulaşan gıda fiyatları (FAO, 2022b) sektöre yönelik politikaların tasarımını güçleştirirken, küresel gıda güvenliğini de tehdit etmektedir. Bir yönüyle gıda fiyatlarına karşı duyarlılık, yoksulluk, yetersiz beslenme, kıtlık ve açlık sorunlarıyla ilişkili olan gıda güvenliği, paradoksal olarak diğer yönüyle de sağlıksız beslenme alışkanlıkları, aşırı tüketim, fazla kilolu olma ve obezite ile bağlantılı bulunmakta ve bu durum ülkeler açısından insan sağlığını koruma noktasında yeni zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Öte yandan, en güncel haliyle yaklaşık 8 milyar olan dünya nüfusunun, nüfus artış hızındaki yavaşlamaya rağmen 21. yüzyılın ortalarında 9 milyarı, 21. yüzyılın sonlarında ise 11 milyarı aşacağı tahmin edilmektedir (FAO, 2017: 5). Nüfus artışının yanında, kentleşme, gelir artışı ve beslenme alışkanlıklarının değişmesi gibi gelişmeler daha fazla üretim yapmayı gerektirmekte ve dolayısıyla doğal kaynaklar üzerindeki baskı artmaktadır. Şöyle ki, artan talebi karşılamak için orman arazileri tarıma açılmakta, bu da tarım uygulamaları sonucunda ortaya çıkan sera gazı salınımını artırmakta, su kaynaklarının azalmasına sebep olmakta, toprak erozyonu yoluyla araziye zarar vermekte ve hayvan/bitki popülasyonu üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. İklim değişikliği ise tarımsal üretim ve gıda güvenliği açısından tehdit oluşturan bir başka husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel gıda sisteminin bu denli büyük bir ekolojik ayak izine sahip olması, ekilebilir arazi, sulama kaynakları, enerji, iş gücü ve sermaye gibi tarımsal girdilerin etkin kullanımı konusunu günümüz tarım politikalarının merkezi haline getirmiştir. Bu nedenle, bir yandan gıda güvenliğini sağlarken, bir yandan da sürdürülebilir tarım faaliyetleriyle doğal kaynakları ve ekosistemi korumak küresel düzeyde çözümler gerektirmekte ve ülkelerin yeniden tarım sektörüne odaklanarak politikalar geliştirmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla beraber, özgün tarımsal üretim biçimleri, yerel ürünler ve yaşam tarzı özellikleri gibi kırsal mirasın yaşatılmasına ilişkin konular da kalkınma politikalarının hedefleri arasında yer almakta ve tarım sektörünün günümüz dünyasındaki değerini pekiştirmektedir.

Tüm bu gelişmeler, tarım sektöründe işlerin her zamanki gibi sürdürülmesinin artık bir seçenek olmadığına işaret etmektedir (Dünya Bankası, 2007: 8). Sınırlı kaynaklara sahip olan dünyamızda teknolojik yenilikler, sosyal inovasyon, altyapı çalışmaları, reform ve iyileştirmeler yoluyla tarımda etkinlik artışı sağlanması (FAO, 2017: 48) ve bunun da bir adım ötesine geçilerek sistemin bilgi gereksinimini beslemek, beklenmedik durumlara karşı hazırlıklı olmak ve fırsatları keşfetmek amacıyla gıda ve tarımsal üretim sistemi üzerinde senaryo analizlerinin yapılması zorunlu bir hal almıştır (Reilly ve Willenbockel, 2010: 3049).

Tarımsal etkinlik ölçümü konusu performans ölçüm literatürünün popüler alanlarından biri olma özelliğini taşıırken, Veri Zarflama Analizi (VZA) de bu araştırma alanında sıklıkla kullanılan parametrik olmayan yöntemlerdendir (Emrouznejad ve Yang, 2018: 7; Muhtarom ve diğerleri, 2019: 421). Girdileri çıktılara dönüştürmekten sorumlu olan mekanizma şeklinde tanımlanan karar verme birimlerinin (KVB) (Cooper ve diğerleri, 2007: 22) görelî etkinliklerini ölçmek için kullanılan VZA, doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir. Yöntem, zaman içindeki teorik ve metodolojik gelişimi sayesinde etkinlik ölçümünün yanı sıra karar verme sürecindeki çeşitli konuların ele alınabileceği bir hale evrilmiştir. Bu konulardan biri de değerlendirilmekte olan KVB hakkında birçok yararlı bilgi sağlayan ölçeğe göre getiri (returns to scale – RTS) kavramıdır. VZA sınırlarındaki RTS karakterizasyonu, klasik ekonomiyi VZA çerçevesiyle ilişkilendirmekte ve böylece yöntemin uygulama alanını genişletmektedir. Aslına bakılırsa, RTS kavramının yani tüm girdilerdeki oransal bir değişime karşılık çıktılarının verdiği yanıtın araştırılması ilk VZA çalışmalarından bu yana geniş çapta ele alınan bir konu olmuştur (Seiford ve Zhu, 1999: 1). Ancak, VZA parametrik bir teknik olmadığı için araştırmaların çoğunda ölçek getirisinin niteliksel olarak (artan, azalan veya sabit) belirlenmesine odaklanılmıştır (Førsund ve Hjalmarsson, 2004: 1024).

Ölçek karakterizasyonuna duyulan ilginin son yıllarda ölçek elastikliğinin hesaplanması yoluyla RTS'nin nicelleştirilmesine doğru kaydığı görülmektedir. Nitekim VZA'da elastiklik analizleri daha da ileriye taşınmış; girdi ve çıktılarının alt setlerine uygulanarak sadece belirlenen değişkenler arasındaki ilişkilerin ölçüldüğü parçalı elastiklik ölçümlerine kadar uzanmıştır. Söz konusu elastiklik ölçümleri aslında VZA'nın duyarlılık analizi olarak düşünülmekte ve parçalı elastiklik senaryoları sayesinde gerçek hayat problemlerine yakın kurgulamalar ortaya konulabilmektedir (Menten, 2018: 2). Ayrıca elastiklik analizleri sonucunda ulaşılan, karar birimlerinin olası değişimler karşısında sergileyeceği tepkilere ilişkin çözümlerinin, yöneticilerden politika yapıcılara kadar geniş bir kitleye önemli bilgiler sunacağı ve farklı bakış açıları sağlayacağı aşikardır.

Bu bilgiler ışığında, bu çalışmada, VZA ile birlikte VZA tabanlı yöntemler kullanılarak ve OECD ülkelerinin 2019 yılı verilerinden yararlanılarak iki aşamadan oluşan bir analiz gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. İlk aşamada ülkelerin tarımsal teknik etkinlik skorları ölçülmekte, ikinci aşamada ise farklı girdi-çıkı setleriyle oluşturulan senaryolar aracılığıyla parçalı elastiklik ölçümleri yapılmakta ve elastiklik ölçümü sonuçlarına göre ülkelerin kısmi RTS karakterizasyonları ortaya konulmaktadır. Bu bağlamda çalışma, VZA etkinlik sınırı üzerinde ülkeler bazında parçalı elastiklik ölçüm modellerinin ilk uygulaması olma özelliğiyle literatüre katkı sağlarken, elde edilen bulgularla OECD ülkelerinin tarımsal performansına dair bütüncü bir perspektif sunması ve ülkelerin tarımsal ölçekleri bazında politikalar oluşturması noktasında rehberlik edici nitelik taşıması açısından oldukça önemlidir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, VZA literatüründeki ülkeler düzeyi tarımsal performans ölçümü çalışmaları ve VZA etkinlik sınırı üzerinde parçalı elastiklik ölçümünün yapıldığı araştırmalar incelenmektedir. Üçüncü bölümde, VZA ve VZA'da elastiklik ölçümü konuları ele alınmakta ve analizde kullanılan matematiksel formülasyonlar sunulmaktadır. Dördüncü bölümde, öncelikle analizin akış şeması ve girdi/çıkı değişkenleri anlatılmakta, sonrasında ise elastiklik ölçümleri için senaryolar tasarlanmaktadır. Beşinci bölümde, OECD ülkeleri üzerinde uygulanan analizlerden elde edilen bulgulara yer verilmektedir. Son bölüm olan altıncı bölümde ise bulgular genel olarak değerlendirilerek, çalışmanın kısıtları ve gelecek çalışmalar için öneriler tartışılmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Tarımda etkinlik ve verimlilik konusu özellikle 1940'larda Meksika'da başlayan, 1950'ler ve 1960'larda ise tüm dünyaya yayılan, tarım uygulamalarının yenilendiği ve dünyanın birçok bölgesinde üretim artışının sağlandığı Yeşil Devrim'in; 2000'li yıllardan itibaren de küreselleşmenin etkilerini analiz etmek isteyen araştırmacıların yoğun bir şekilde dikkatini çekmiş, tarımsal performansın mikro, mezzo ve makro düzeyde analizi nicel performans ölçümünün en fazla ilgi gören konularından biri haline gelmiştir. Tarımsal performans analizinin erken dönem literatüründeki çalışmaların çoğunda ekonometrik tahminleme yaklaşımlarının kullandığı (Bhattacharjee, 1955; Arrow ve diğerleri, 1961; Hayami ve Ruttan, 1970; Nguyen, 1979; Yamada ve Ruttan, 1980; Mundlak ve Hellinghausen, 1982; Antle, 1983; Kawagoe ve diğerleri, 1985) görülse de VZA gibi parametrik olmayan yöntemlerin geliştirilmesi ve bilinirliğinin artması ile konu üzerine yapılan çalışmalar çoğalmış ve VZA bu araştırma alanında yaygın olarak uygulanan başlıca yöntemlerden biri haline gelmiştir. Örneğin, tarımsal sınır fonksiyonlarının tahminindeki ve etkinlik ölçümündeki gelişmelere ilişkin Coelli (1995) tarafından sunulan literatür taramasında, VZA'nın bilinirliği için nispeten erken sayılabilecek 1985-1994 döneminde yayımlanan 38 adet tarım uygulamasının 3'ünde VZA yönteminin kullanıldığı belirlenmiştir. Buna karşılık, ilk VZA modelinin geliştirildiği 1978 yılından 2010 yılı ağustos ayına kadar Web of Science tarafından indekslenen dergilerde yayımlanan VZA çalışmalarına ilişkin Liu ve diğerlerinin (2013) hazırladığı literatür incelemesinde, tarım sektörünün VZA kapsamındaki ilk beş uygulama alanından biri olduğu ortaya konulmuştur. Benzer şekilde, yöntemin 40 yıllık literatürünün kapsamlı bir listesini sunmayı amaçlayan Emrouznejad ve Yang (2018), 2015 ve 2016 yıllarında yayımlanan VZA çalışmalarındaki en popüler uygulama alanının tarım sektörü olduğunu saptamıştır.

Tarımsal performans ölçümünde VZA'nın kullanıldığı çalışmalar; bireysel çiftliklerin değerlendirilmesinden, bir ülke içindeki bölgelerin tarımsal faaliyetlerinin incelenmesine ve ülkeler arası etkinlik analizlerine varıncaya kadar farklı düzeylerde yürütülmüştür. Bu araştırmalardan, ülkeler arası tarımsal performans ölçümünü konu alanların bir kısmı Tablo 1'de özetlenmiştir. İlgili araştırmaların çoğunluğunda ülkelerin tarımsal verimliliğindeki değişimi değerlendirmek amacıyla VZA tabanlı Malmquist Verimlilik Endeksi (MVE) yönteminden faydalanıldığı görülmektedir. Bazı çalışmalarda ise VZA ve VZA tabanlı yöntemlere ek olarak Stokastik Sınır Analizi (SSA), Fisher Endeksi, Hulten Endeksi gibi başka tekniklerin kullanıldığı ve/veya ekonometrik analizlerden yararlandığı kaydedilmiştir. Ülkeler arası tarımsal etkinliğin ele alındığı VZA çalışmalarında her ne kadar standart VZA modellerinin kullanımı yaygın olsa da Aylak-Tabanlı Ölçüm (Slacks-Based Measure – SBM), Dinamik VZA, Bootstrap VZA, Bulanık VZA ve VZA-pencere analizi modellerinin uygulandığı araştırmalar da bulunmaktadır.

Tablo 1'den görüldüğü üzere, ülkeler arası tarımsal performans ölçümü çalışmalarının bir kısmında belirli bir kıta veya bölgedeki ülkeler ele alınmış, bir kısmında OECD'ye, Avrupa Birliği'ne (AB) üye ülkeler, BRICS⁴ veya MINT⁵ ülkeleri değerlendirilmiş, bir kısmında ise gelişmiş ve/veya gelişmekte olan ülkeler ayrımı üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir. Örneğin, 1966-2001 dönemi için 33 Afrika ülkesinin teknik etkinliğini VZA ve Bootstrap VZA yöntemiyle değerlendiren Mugera ve Ojeda (2014), Afrika tarımındaki etkinsizliğin azaltılması gerektiğini vurgulamış ve bölgede teknolojik gelişimi sağlayacak politikalara duyulan ihtiyacı işaret etmiştir. Bir diğer bölgesel etkinlik çalışmasında Suhariyanto ve Thirtle (2001), 1965-1996 dönemi için 18 Asya ülkesindeki tarımsal verimliliği VZA tabanlı MVE yöntemiyle incelemiş ve Yeşil Devrim'in öncesinde ülkelerin etkinlik skorları arasında büyük bir fark olmadığını, sonrasında ise teknolojik ilerlemedeki durgunluk ve etkinlikteki düşüşler nedeniyle ülkelerin sadece yarısında verimlilik artışı yaşandığını ifade etmiştir. Dinamik VZA yaklaşımından yararlanan Tunca ve Deliktaş (2015) ise 1966-2007 dönemi için OECD ülkelerinin tarımsal etkinlik düzeylerini ölçmeyi amaçlamış ve Belçika-Lüksemburg, Hollanda, İtalya ve Yeni Zelanda'nın en etkin ülkeler olduğunu saptamıştır. Yazarlar ayrıca çalışma kapsamındaki 29 OECD ülkesinin 25'inde tespit edilen tarımsal etkinsizliğin dinamik etkinsizlikten kaynaklandığını, bunun da ülkelerin dönemler arası optimal kaynak tahsisindeki başarısızlıklarına bağlı olduğunu belirtmiştir. OECD ülkelerini konu alan bir başka çalışmada Atıcı ve diğerleri (2018), 1990-2014 dönemi için ülkelerin tarımsal verimliliğindeki değişimi bulanık VZA ve MVE yöntemleriyle değerlendirmiş ve tüm ülkeler için kümülatif ortalama verimlilik artışını %17,4 olarak ölçmüştür. Bölgesel olarak en büyük verimlilik artışının Amerika kıtası ile Avustralya'da gözlemlenmesi, Orta Doğu ülkelerinin verimlilik artışında yükselen bir trend sergilemesi ve gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş ülkelere daha fazla verimlilik artışına sahip olması da araştırmanın göze çarpan bulguları arasındadır. 14'ü AB üyesi ve 13'ü AB'ye aday olmak üzere 27 ülkenin 1993 ile 1999 yılları arasındaki tarımsal etkinlik ve verimliliğini analiz eden Galanopoulos ve diğerleri (2004), ilgili dönem için üye ülkelerin %22'sinin, aday ülkelerin ise %15'inin etkin bir şekilde performans gösterdiğini belirleyerek, teknik etkinsizliğin Avrupa'daki tarım sektörlerinin ortak özelliği olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bununla birlikte yazarlar hem üye hem de aday ülkelerin toplam faktör verimliliğinin pozitif olduğunu belirterek, Avrupa genelindeki verimlilik artışı ve sektör genişlemesinin gelişmiş teknoloji uygulamalarına dayandığının altını çizmiştir. Yukarıda özetlenen çalışmalara kıyasla daha çok sayıda birimi analize dahil ederek, toplamda 93 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkenin 1980-2000 dönemindeki tarımsal etkinlik ve verimliliğini VZA ve MVE ile ele alan Coelli ve Rao (2005), ortalama küresel verimlilik artışının %2,1 olduğunu saptamıştır. Literatürdeki benzer araştırmaların bulguları arasındaki zıtlıkların değişen büyüklüklerdeki ülke grupları ve farklı zaman periyotları ile çalışılmasından kaynaklandığını vurgulayan yazarlar, verimlilik artışında Asya ülkelerinin en yüksek, Afrika ve Güney Amerika ülkelerinin en düşük performans gösteren ülkeler olduğunu ifade etmiştir.

⁴ Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika Cumhuriyeti.

⁵ Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye.

Tablo 1 girdi değişkenleri seçimi açısından incelendiğinde, makro düzeydeki tarımsal etkinlik ölçüm çalışmalarının önemli bir bölümünde FAO'nun (2003) belirlediği tarımsal göstergeler⁶ arasından tarımsal iş gücü, tarım arazisi, gübre kullanımı, makine/traktör sayısı ve çiftlik hayvanı sayısı değişkenlerinin en fazla kullanılan girdi değişkenleri olduğu görülmektedir. Çalışmalarda çoğunlukla tarım makinelerine yatırılan sermaye için traktör sayısı değişkenine ve hayvancılığa yatırılan sermaye için hayvan sayısı değişkenine temsili değişken olarak yer verilmiştir. Birçok çalışmada hayvan sayısı değişkeni, Hayami ve Ruttan'ın (1970) farklı kategorilerdeki hayvanlar için önerdiği ağırlıklardan yararlanılarak toplulaştırılmasıyla elde edilmiştir. Gübre kullanımı değişkeni için literatürdeki genel eğilim ise azot, fosfor ve potasyumlu gübre tüketimlerinin toplanması şeklindedir. Bu değişkenlerin yanı sıra, tarım ilacı kullanımı, hayvan yemi kullanımı, tohum kullanımı ve enerji tüketimi ile sulanan tarım arazisi (tarım arazilerinin sulanması için yatırılan sermayeye ilişkin temsili değişken), bina değeri ve sermaye stoku gibi sermayeye ilişkin diğer değişkenlerden de yararlanan, ele alınan problemin gerekliliklerine ve çalışmanın odağına göre bazı spesifik girdilerin analize dahil edildiği araştırmalar da bulunmaktadır.

Makro düzeydeki çalışmalarda çıktı değişkenlerinin kullanım sıklığına bakıldığında ise toplam tarımsal üretim, bitkisel ve hayvansal üretim değişkenlerinin en fazla kullanılan çıktı değişkenleri olduğu tespit edilmiştir. Çalışmaların bir bölümünde bitkisel ve hayvansal üretim iki ayrı çıktı olarak değerlendirilirken, bir bölümünde ve özellikle de VZA'ya ek olarak ekonometrik tahminleme yaklaşımlarından yararlanan araştırmalarda toplam tarımsal üretim değişkeni operasyonel sürecin tek çıktısı olarak tanımlanmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmaların bazılarında, sera gazı emisyonu, karbon emisyonu ve topraktaki azot-fosfor dengesi gibi istenmeyen çıktılardan da tarımsal performans analizi kapsamına alındığı dikkat çeken hususlardan biridir.

Yukarıdaki çalışmalara ek olarak; Menten (2018), Türkiye'de üretimi gerçekleştirilen 61 adet bitkisel ürün için, Saraç (2020) ve Saraç ve diğerleri (2022) ise Ege Bölgesi'nde yer alan 146 adet çiftlik için VZA etkinlik sınırı üzerinde parçalı elastiklik ölçümü analizlerini gerçekleştirmiştir. Türkiye tarım sektöründe üretimi yapılan bitkisel ürünlerin konu alındığı Menten ve diğerlerinin (2020) çalışması ise mikro düzeydeki tarımsal etkinlik ve verimlilik ölçümü çalışmalarına örnek teşkil etmektedir. Ayrıca, yapılan literatür taraması sonucunda, VZA etkinlik sınırı üzerinde parçalı elastiklik ölçümlerinin gerçekleştirildiği ülkeler düzeyinde bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada öncelikle standart VZA yaklaşımı kullanılarak etkinlik ölçümü gerçekleştirilmektedir. Ardından farklı senaryolar oluşturularak elastiklik analizi yapılmakta ve hesaplanan elastiklik skorlarına göre kısmi RTS karakterizasyonları ortaya konulmaktadır. Ülke düzeyinde toplulaştırılmış verilerle çalışılırken sabit getiri teknolojisinin kullanılması daha uygun olduğundan (Coelli ve Rao, 2005), ülkeler düzeyi tarımsal üretimde üretim fonksiyonu ölçeğe göre sabit getiri özelliği sergilediğinden (Hayami ve Ruttan, 1970; Nguyen, 1979) ve VZA'da ölçeğe göre sabit getiri skoru global teknik etkinlik sağladığından, değerlendirilen üretim sisteminin doğasına uygun olarak etkinlik analizinin ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında yapılması tercih edilmiştir. Elastiklik analizi de benzer şekilde ölçeğe göre sabit getiri teknolojisiyle gerçekleştirilmekte olup, tarım sektörü için girdilere kıyasla çıktıların marjinal değişimlere tepkisinin elastikliğini incelemek daha anlamlı bulunduğundan, elastiklik ölçümleri yanıt setinin sadece çıktılarından oluştuğu çıktı setlerinin elastiklik analizi üzerine kurulmuştur.

3.1. VZA ile Etkinlik Ölçümü

VZA, Charnes ve diğerlerinin (1978) geliştirdiği ve ölçeğe göre sabit getiri (constant returns to scale – CRS) varsayımıyla çalışan CCR modelinden itibaren en popüler etkinlik ölçüm yöntemlerinden biri olmuştur. Standart CCR modelinden sonra Banker ve diğerlerinin (1984) ölçeğe göre değişken getiri (variable returns to scale – VRS) teknolojisini varsayan BCC modeli ise bir başka temel VZA modeli olarak literatüre girmiştir. Söz konusu standart modeller için amaç fonksiyonunun yönelimini, ele alınan problemin amacına uygun olarak girdi minimizasyonu veya çıktı maksimizasyonu yaklaşımıyla tanımlamak gerekmektedir. Girdi odaklı modellerde, verilen çıktı düzeyi için girdi miktarı en küçüklenirken, etkin bulunmayan birimleri etkinlik sınırına ulaştırarak hedef değerler girdi değişkenleri üzerinden hesaplanmaktadır. Çıktı odaklı modellerde ise verilen girdi düzeyi için çıktı miktarı en büyüklenirken, hedef değerler çıktı değişkenleri üzerinden sunulmaktadır. CRS varsayımı altında girdi odaklı ve çıktı odaklı

⁶ FAO'nun verilerdeki eğilimleri ortaya çıkararak karar vermeyi destekleyen, politika eylemlerinin sonuçlarını analiz etmek için kullanılan ve olası ekonomik, sosyal, çevresel zararlar hakkında erken uyarı sağlayan göstergeleri ortaya koymak amacıyla yayımladığı raporda, tarım arazisi, traktör sayısı, zirai kimyasallar, tarımsal iş gücü, GDP göstergeleri, çiftlik hayvanı sayısı, tarımsal üretim değeri ve tarımsal yatırım göstergeleri temel tarımsal göstergeler olarak belirlenmiştir.

yaklaşım birimlerin teknik etkinlik skorları açısından aynı sonuçları verirken, VRS varsayımı altında etkinlik skorları modelin yönelimine göre farklılık gösterebilmektedir.

Esasen VZA, en iyi girdi-çıkıtı kombinasyonuna sahip KVB'ler ile bir etkinlik sınırı oluşturmaya dayanmaktadır. Bu kapsamda, her bir KVB'ye atanan ve 0 ile 1 arasında değişen etkinlik skorları, birimlerin söz konusu etkinlik sınırından uzaklıklarına göre belirlenmektedir.

Literatürdeki klasik notasyona göre n adet gözlemlenen birimden her bir KVB_j 'nin ($j = 1, 2, \dots, n$) m adet girdi kullanarak s adet çıktı ürettiği varsayılmaktadır. $X_j \in R_+^m$ girdi vektörü ve $Y_j \in R_+^s$ çıktı vektörü olmak üzere, gözlemlenen her bir karar birimi (X_j, Y_j) çifti ile temsil edilmektedir. X ve Y ise sırasıyla girdi ve çıktı vektörlerinden oluşan girdi ve çıktı matrisleridir. Buna göre, KVB_0 'ın CCR teknik etkinlik skoruna, aşağıda verilen girdi odaklı model (Eşitlik 1-5) ve çıktı odaklı model (Eşitlik 6-10) doğrusal programlama formülasyonlarından biri ile ulaşılabilmektedir.

Girdi Odaklı CCR Modeli

$$\min \theta \quad (1)$$

öyle ki

$$X\lambda \leq \theta X_0 \quad (2)$$

$$Y\lambda \geq Y_0 \quad (3)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (4)$$

$$\theta: \text{serbest değişken} \quad (5)$$

Çıktı Odaklı CCR Modeli

$$\max \varphi \quad (6)$$

öyle ki

$$X\lambda \leq X_0 \quad (7)$$

$$Y\lambda \geq \varphi Y_0 \quad (8)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (9)$$

$$\varphi: \text{serbest değişken} \quad (10)$$

3.2. VZA'da Elastiklik Ölçümü ve RTS Karakterizasyonu

Ekonomi ve yöneylem araştırması alanlarında büyük ilgi uyandıran konulardan biri de KVB'lerin RTS durumlarının belirlenmesidir. Ekonomi araştırmacıları tipik olarak RTS'yi elastiklik kavramı üzerinden tanımlarken, yöneylem araştırması alanındaki araştırmacılar RTS hakkında bilgi edinmek için genellikle VZA metodolojisini kullanmaktadır (Hadjicostas ve Soteriou, 2006).

VZA'daki RTS kavramı ilk olarak Banker ve diğerleri (1984) tarafından CCR modelinin modifikasyonuna dayalı olarak RTS'yi tahmin etmek amacıyla ele alınmış ve erken dönem VZA çalışmalarının ana odağı büyük ölçüde RTS'nin niceliğini ölçmek yerine niteliğini belirlemek, başka bir deyişle birimlerin ölçeğe göre artan, azalan veya sabit getiri sergileyip sergilemediğini ortaya koymak yönünde olmuştur (Fukuyama, 2000). Daha sonraları yapılan araştırmalar ise RTS'nin niteliğinin belirlenmesinden daha güçlü özelliklere sahip olan ve elbette ki nitel bir karakterizasyondan daha fazla bilgi sunan ölçek elastikliği hesaplamalarına doğru evrilmiştir. Bu yaklaşıma göre RTS'yi, tüm girdilerdeki orantılı değişimden kaynaklanan tüm çıktılardaki orantılı değişim şeklinde tanımlanan ölçek elastikliği olarak nicelleştirmek mümkündür. Podinovski ve diğerlerine (2009) göre de üretim sınırlarının önemli bir özelliği olan ölçek elastikliği, sınırda yer alan yani göreceli olarak etkin bulunan birimlerin RTS karakterizasyonunun gücüne dair nicel bir ölçü olarak kabul edilmektedir. Üstelik son yıllarda VZA sınırında elastiklik ölçümü konusu üzerine gelişmeler kaydedildiği, araştırmacıların ilgisinin ölçek elastikliğine kıyasla daha esnek yapıda olan, etkinlik sınırının herhangi bir noktasında herhangi bir girdi veya çıktı alt setinin herhangi bir karma girdi ve çıktı setine olan yanıtını ölçen karma parçalı elastiklik ölçümlerine kadar uzandığı görülmektedir. Daha açık bir şekilde ifade edilecek olursa, parçalı elastiklik konseptinde bütün girdi ve çıktılar dahil olduğu elastiklik ölçümleri yapılabildiği gibi, girdi ve çıktılar alt setleri için de elastiklikler hesaplanabilmektedir. Girdi ve çıktılar alt setlerine uygulanan ölçümler parçalı elastiklik ölçümleri iken, ölçek elastikliği değişen setin bütün girdileri, değişime yanıt veren setin ise bütün çıktıları içerdiği özel bir durumdur.

Tüm bu gelişmelere rağmen VZA sınırlarındaki elastiklik ölçümünün basit bir işlem olmadığı aşikardır. Şöyle ki, VZA'da elastikliğin tanımı ve ölçümü konusunda karşılaşılan iki temel zorluk bulunmaktadır.

Bunlardan ilki, VZA modellerinde üretim dönüşüm fonksiyonunun açık bir şekilde bilinmemesidir. İkincisi ise VZA teknolojilerinin etkinlik sınırlarının genellikle pürüzsüz bir yapıda olmamasıdır. VZA sınırlarının parametrik olmayan ve pürüzsüz olmayan bu özellikleri nedeniyle klasik elastiklik ölçüm yaklaşımları VZA'ya doğrudan uygulanamamaktadır (Podinovski ve Førsund, 2010). Yapılan çalışmalarda söz konusu zorluklar kısmen aşılmış olsa da elde edilen bulguların büyük bir bölümünde elastiklik ölçümünün en ilginç kısmında, yani etkinlik sınırının uç noktalarında kesin bir kanıt sunmaktan yoksun olduğu yaygın olarak kabul görmüştür (Atıcı ve Podinovski, 2012). Ortaya atılan diğer yaklaşımların ise ya pratik olmadığı ya analitik bir çözüm sağlayamadığı ya da tam ancak teknik olarak zorlayıcı bir kanıtı sahip olduğu ifade edilmiştir. Öte yandan, Podinovski ve Førsund (2010) bu zorluklara karşı VRS üretim teknolojilerinde parçalı elastiklik ölçümü analizi için bir doğrusal programlama yaklaşımı geliştirmiş ve eksiksiz bir analitik çözüm sunmuştur. Yazarlar, söz konusu zorlukların üstesinden gelmek için sağ ve sol elastiklik kavramını tanıtmış ve bu tek taraflı elastikliklerin optimal değer fonksiyonunun yönlü türevleri olarak değerlendirilebileceğini belirtmiştir. Podinovski ve Førsund'un (2010) bu yaklaşımı sonraki yıllarda Atıcı ve Podinovski (2012) tarafından CRS üretim teknolojileri için de genişletilmiştir. Belirli varsayımlar altında çalışan bu modellerde, değişkenler öncelikle alt setlere ayrıştırılmakta, sonrasında ise yönlü türevler yardımıyla elastiklik ölçümleri yapılmaktadır.

3.2.1. Çıktı Setlerinin Elastiklik Analizi

Parçalı elastiklik ölçümlerinde, tüm girdi ve çıktıların A, B ve C olmak üzere üç ayrı sete bölünebileceği varsayılmaktadır. Buna göre, A seti, marjinal bir artışın veya azalışın olduğu değişkenleri; B seti, A setindeki değişimlere yanıt veren değişkenleri; C seti ise A ve B setlerine dahil olmayan ve sabit tutulan değişkenleri içermektedir. Elastiklik ölçümünde cevaplanmak istenen asıl soru, C alt setindeki değişkenler sabit tutulduğunda, A alt setindeki değişkenlerin marjinal değişimlerine B alt setindeki değişkenlerin yanıtının elastikliğinin ne olduğudur. Dolayısıyla, parçalı elastiklik ölçümü yaklaşımında ölçek elastikliği, A setinin tüm girdileri, B setinin tüm çıktıları içerdiği, C setinin ise boş bir set olduğu özel bir durum olarak nitelendirilmektedir.

Parçalı elastiklik ölçümü genel olarak girdi setlerinin elastiklik analizi ve çıktı setlerinin elastiklik analizi olmak üzere iki farklı şekilde ele alınmaktadır. Girdi setlerinin elastiklik analizinde B seti yani yanıt seti yalnızca girdilerden oluşurken, çıktı setlerinin elastiklik analizinde yanıt seti yalnızca çıktılarından oluşmaktadır. Bu çalışmada kurulacak model, yanıt setinin çıktılarından oluştuğu senaryolarda elastiklik ölçümünü kapsadığından, B setinde yalnızca çıktıların olduğu durum ele alınacak ve sadece CRS teknolojisinde elastiklik ölçümü için gerekli olan doğrusal programlama modelleri verilecektir.

Çıktı setlerinin elastiklik analizinde, A ve B seti boş küme olmamak şartıyla, A seti sadece girdileri, sadece çıktıları veya hem girdileri hem de çıktıları içerebilirken; B seti daha önce de ifade edildiği üzere sadece çıktı değişkenlerini içerebilmektedir ve $A \cap B = \emptyset$ 'dir. Son olarak C seti, A ve B setlerine dahil olmayan, geride kalan tüm girdi ve çıktı değişkenlerini içermekte veya boş bir küme olabilmektedir. Bu doğrultuda, üst indisler girdi ve çıktı vektörlerinin ait oldukları setleri temsil etmek üzere, CRS teknolojisinde gözlemlenen herhangi bir birim $(X_0, Y_0) \in T_{CRS}$ Eşitlik 11'deki gibi ifade edilebilir (Atıcı ve Podinovski, 2012).

$$(X_0, Y_0) = (X_0^A, X_0^C, Y_0^A, Y_0^B, Y_0^C) \quad (11)$$

Eşitlik 11'de belirtilen herhangi bir (X_0, Y_0) birimi için A setindeki girdilerin ve/veya çıktıların marjinal değişimlerine karşılık B setindeki çıktıların yanıtının elastikliği yalnızca bu tür bir değişimin mevcut teknolojide mümkün (olurlu) olmasıyla tanımlanabilmektedir⁷.

Podinovski ve Førsund'a (2010) göre X_0^A ve Y_0^A vektörlerinin marjinal değişimlerine Y_0^B çıktı vektörünün yanıtının elastikliğini tanımlayabilmek için öncelikle $\alpha = 1$ 'in bazı komşuluklarında çıktı tepki fonksiyonunu dikkate almak gerekmektedir (Eşitlik 12):

$$\bar{\beta}(\alpha) = \max \{ \beta | (\alpha X_0^A, X_0^C, \alpha Y_0^A, \beta Y_0^B, Y_0^C) \in T_{CRS} \} \quad (12)$$

Eğer T_{CRS} 'de X_0^A ve Y_0^A vektörlerinin oransal marjinal artışı veya azalışı mümkün değilse, $\alpha = 1$ 'in sağ ve sol komşuluklarında $\bar{\beta}(\alpha)$ fonksiyonu tanımsız olmaktadır. Burada, çıktıların belirli bir alt setinin yani B alt setinin yanıtının elastikliğiyle ilgilenildiğinden, birimin genel etkinlik düzeyini bilmek gerekli değildir. Sadece (X_0, Y_0) biriminin çıktı vektörü Y_0^B 'nin üretiminde etkin olmasına ihtiyaç duyulmaktadır. "Çıktı seti B 'ye göre seçmeli radyal etkinlik" olarak tanımlanan bu varsayıma göre $\bar{\beta}(\alpha)$ fonksiyonu $\alpha = 1$ 'de sonludur ve $\bar{\beta}(1) = 1$ 'dir. Teorik olarak bu varsayımın sağlanıp sağlanmadığını belirlemek için elastiklik analizi

⁷ Bu çalışmada kısaca aktarılan CRS teknolojisinde çıktı setlerinin elastiklik analizi konusuna, modelleme tanımları, temel varsayımlar, teoremler ve matematiksel ispatlar da dahil olmak üzere tüm detaylarıyla Atıcı ve Podinovski'nin (2012) çalışmasından ulaşılabilir.

kapsamında fazladan bir doğrusal programın daha çözülmesi gerekse de pratikte ekstra bir çabaya gerek yoktur. Bunun nedeni, elastiklik ölçümleri için geliştirilen programların yani RHE (right-hand elasticity) modeli ile LHE (left-hand elasticity) modelinin bu varsayımın sağlanıp sağlanmadığını test edebilmesi, varsayımın sağlanmadığı durumlarda ilgili modellerin olumsuz sonuç vermesidir (Atıcı ve Podinovski, 2012).

Bu doğrultuda, Podinovski ve Førsund'un (2010) çalışmasını takiben, eğer seçmeli radyal etkinlik varsayımı sağlanıyorsa ve gerekli türevler bulunuyorsa, X_0^A ve Y_0^A vektörlerinin oransal marjinal değişimlerine karşılık çıktı vektörü Y_0^B 'nin yanıtının sağ ve sol taraf elastikliği $\alpha = 1$ 'de çıktı yanıt fonksiyonunun yani $\bar{\beta}(\alpha)$ 'nin sırasıyla sağ ve sol türevi olup, Eşitlik 13 ve 14'teki gibi ifade edilmektedir.

$$\varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) = \bar{\beta}'_+(1) \quad (13)$$

$$\varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0) = \bar{\beta}'_-(1) \quad (14)$$

$\bar{X}^A, \bar{X}^C, \bar{Y}^A, \bar{Y}^B$ ve \bar{Y}^C ilgili A, B ve C setlerindeki girdilere ve çıktılara karşılık gelen alt matrisleri temsil etmek üzere, T_{CRS} 'deki herhangi bir (X_0, Y_0) biriminin sağ ve sol taraf elastikliği için gerekli olan yönlü türevler aşağıdaki şekilde tespit edilmekte ve yalnızca Eşitlik 15-19 ile verilen RHE modeli ve Eşitlik 20-24 ile verilen LHE modelinin çözülmesine dayanmaktadır (Atıcı ve Podinovski, 2012: 264). Buna göre, seçmeli radyal etkinlik varsayımını sağlayan (X_0, Y_0) birimi için;

- i. CRS teknolojisinde X_0^A ve Y_0^A vektörlerinin oransal marjinal artışı mümkün ise sağ taraf elastikliği mevcuttur, sonludur ve Eşitlik 15-19 ile verilen RHE modeli ile hesaplanabilmektedir.

RHE Modeli

$$\varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) = \min v^A X_0^A - \mu^A Y_0^A \quad (15)$$

öyle ki

$$v^A X_0^A + v^C X_0^C - \mu^A Y_0^A - \mu^C Y_0^C = 1 \quad (16)$$

$$v^A \bar{X}^A + v^C \bar{X}^C - \mu^A \bar{Y}^A - \mu^B \bar{Y}^B - \mu^C \bar{Y}^C \geq 0 \quad (17)$$

$$\mu^B Y_0^B = 1 \quad (18)$$

$$v^A, v^C, \mu^A, \mu^B, \mu^C \geq 0 \quad (19)$$

- ii. CRS teknolojisinde X_0^A ve Y_0^A vektörlerinin oransal marjinal azalışı mümkün ise sol taraf elastikliği mevcuttur, sonludur ve Eşitlik 20-24 ile verilen LHE modeli ile (RHE modelinin sadece amaç fonksiyonunun minimizasyondan maksimizasyona çevrilmesiyle⁸) hesaplanabilmektedir.

LHE Modeli

$$\varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0) = \max v^A X_0^A - \mu^A Y_0^A \quad (20)$$

öyle ki

$$v^A X_0^A + v^C X_0^C - \mu^A Y_0^A - \mu^C Y_0^C = 1 \quad (21)$$

$$v^A \bar{X}^A + v^C \bar{X}^C - \mu^A \bar{Y}^A - \mu^B \bar{Y}^B - \mu^C \bar{Y}^C \geq 0 \quad (22)$$

$$\mu^B Y_0^B = 1 \quad (23)$$

$$v^A, v^C, \mu^A, \mu^B, \mu^C \geq 0 \quad (24)$$

- iii. CRS teknolojisinde X_0^A ve Y_0^A vektörlerinin oransal marjinal artışı (diğer durum olarak da azalışı) mümkün değil ise, o halde RHE modelinin (diğer durum olarak da LHE modelinin) amaç fonksiyonu sınırsızdır.

Yukarıdaki bilgiler ışığında, RHE modeli ve LHE modeli tüm KVB'ler için çözülür ve etkin bulunup bulunmadığına bakılmaksızın her bir (X_0, Y_0) birimi için ortaya çıkabilecek olası sonuçlar (optimal, sınırsız ve olumsuz) aşağıdaki gibi yorumlanır (Atıcı ve Podinovski, 2012: 264).

Durum 1. RHE modeli sonlu bir optimal çözüme sahipse, RHE modelinin optimal değeri birimin sağ taraf elastikliğini temsil etmektedir. Benzer şekilde, LHE modeli sonlu bir optimal çözüme sahipse, LHE modelinin optimal değeri birimin sol taraf elastikliğini temsil etmektedir. Durum 1'de seçmeli radyal etkinlik varsayımı sağlanmaktadır.

⁸ RHE ve LHE modeli karşılaştırıldığında, sağ ve sol taraf elastikliğinin mevcut olması koşuluyla her zaman $\varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) \leq \varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0)$ olacağına dikkat edilmelidir.

Durum 2. RHE modeli sınırsız bir optimal çözüme sahipse, birimin sağ taraf elastikliği tanımsızdır. Benzer şekilde, LHE modeli sınırsız bir optimal çözüme sahipse, birimin sol taraf elastikliği tanımsızdır. Durum 2’de de seçmeli radyal etkinlik varsayımı sağlanmakta, ancak ilgili yöndeki marjinal hareket teknoloji sınırının dışına çıkılmasına neden olmaktadır.

Durum 3. RHE modeli ve dolayısıyla LHE modeli olursuzsa⁹, elastiklikler ilgili birimde tanımlanamamaktadır. Durum 3’te seçmeli radyal etkinlik varsayımı sağlanmamaktadır.

3.2.2. VZA’da Elastiklik ve RTS İlişkisi

Daha önce ifade edildiği üzere, VZA literatüründe birimlerin sergilediği RTS’nin büyüklüğünün/derecesinin ölçülmesi yerine türünün belirlenmesi yani RTS’nin nitel karakterizasyonu yaygındır. Buna göre, tüm girdilerde oransal bir artış yapıldığında çıktılardaki artış girdilerdeki artış oranından fazla ise ölçeğe göre artan getiri (increasing returns to scale – IRS), çıktılardaki artış girdilerdeki artış oranından az ise ölçeğe göre azalan getiri (decreasing returns to scale – DRS), çıktılardaki artış girdilerdeki artış oranıyla aynı ise ölçeğe göre sabit getiri (constant returns to scale – CRS) söz konusudur.

Parçalı elastiklik analizi konseptinde ise ölçek elastikliğinin hesaplanması yoluyla RTS karakterizasyonu yapılabilmekte, elde edilen elastiklik skorları karşılık gelen RTS sınıflarıyla ilişkilendirilebilmektedir. Nicel verilerin nitel verilere dönüştürüldüğü bu işlem sayesinde nicel bulgulara yorumsal zenginlik katılmakta, nicel bileşenler okuyucu/uygulayıcı açısından daha anlaşılır bir hale dönüştürülmekte ve böylece birimlerin olası değişimler karşısında verecekleri yanıtlar için pratik uygulamalara gidilebilmektedir. Ayrıca, Podinovski ve diğerlerinin (2016) herhangi bir çokyüzlü (polyhedral) teknolojiye RTS karakterizasyonu için sunduğu yaklaşıma göre *A* ve *B* alt setleri için farklı senaryolar kurgulayarak “kısmi RTS” türleri tanımlamak da mümkün olmaktadır ki etkinlik ve elastiklik ölçümünde CRS varsayımının kullanıldığı bu çalışmada RTS karakterizasyonu ile amaçlanan da tam olarak budur.

Bu doğrultuda, her bir (X_0, Y_0) biriminin sergilediği RTS türü, elde edilen sağ ve sol taraf elastiklik skorları kullanılarak aşağıdaki şekilde belirlenmektedir¹⁰:

- Eğer $1 < \varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) \leq \varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0)$ ise birim (X_0, Y_0) IRS,
- Eğer $\varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) \leq \varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0) < 1$ ise birim (X_0, Y_0) DRS,
- Eğer $\varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) \leq 1 \leq \varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0)$ ise birim (X_0, Y_0) CRS sergilemektedir.

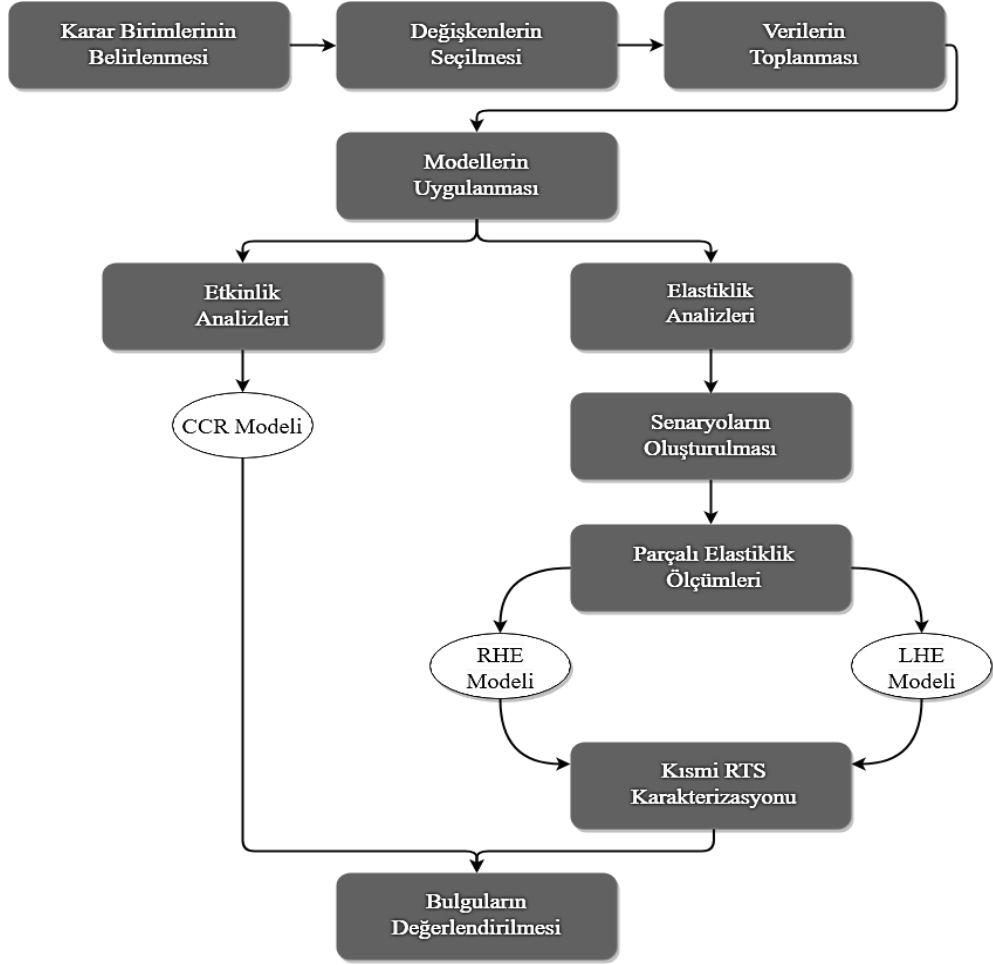
4. MODEL TASARIMI

Bu çalışmada, VZA ve VZA tabanlı yöntemler kullanılarak OECD üyesi 37 ülkenin tarımsal etkinliğini değerlendirmek ve parçalı elastiklik ölçümlerini gerçekleştirmek amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, öncelikle standart VZA yaklaşımıyla ülkelerin etkinlik skorları hesaplanmakta, ardından oluşturulan senaryolar özelinde birimlerin elastiklikleri ölçülmekte ve kısmi RTS karakterizasyonları belirlenmektedir. Analizin akış şeması ve kullanılan modeller¹¹ Şekil 1’de sunulmuştur. Analiz, eksik verilerin bulunmadığı en son yıl olan 2019 yılını kapsamakta olup, ilgili yılda OECD’ye üye olan ülkelerin tamamı analize dahil edilmiştir. Ayrıca literatür taraması bölümünden görüldüğü üzere, OECD ülkelerinin incelendiği daha önceki tarımsal etkinlik/verimlilik çalışmalarının bulguları genel olarak 1966-2014 dönemine ait olduğundan, bu çalışma güncelliğiyle önceki çalışmaları tamamlayıcı niteliktedir.

⁹ RHE ve LHE modeli aynı çözüm uzayına sahiptir ve birinin olurluluğu diğerinin de olurluluğunu işaret etmektedir.

¹⁰ RHE modelinin optimal değeri sınırsız bulunur ise $\varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) = -\infty$, LHE modelinin optimal değeri sınırsız bulunur ise $\varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0) = +\infty$ olarak kabul edilmektedir.

¹¹ Analizlerde kullanılan tüm modeller Python programlama dilinde kodlanmış ve Gurobi çözücü ile çözülmüştür.



Şekil 1. Analizin tasarımı ve akış şeması

4.1. Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Veriler, FAO'nun veri tabanı FAOSTAT¹², Uluslararası Çalışma Örgütü'nün veri tabanı ILOSTAT¹³ ve Uluslararası Gübre Birliği'nin veri tabanı IFASTAT¹⁴ kullanılarak derlenmiştir. Özellikle makro düzeydeki tüm tarımsal verilere ulaşmak mümkün olmadığından, analiz için ülkeler arası tarımsal performans ölçümü çalışmalarının çoğunda kullanılan toplam yedi değişken belirlenmiştir. Bu bağlamda, çalışmada beş girdi ve iki çıktı ele alınmaktadır. Kullanılan değişkenlere ait bilgiler Tablo 2'de özetlenmiştir.

¹² <https://www.fao.org/faostat/en/#data>

¹³ <https://ilostat.ilo.org/data/>

¹⁴ <https://www.ifastat.org/databases>

Tablo 2. Değişkenlere ilişkin bilgiler

<i>Girdiler</i>	<i>Ölçü Birimi</i>	<i>Veri Tabanı</i>
<i>Tarım arazisi</i> , mahsul ekimi ve hayvancılık için kullanılan arazi şeklinde tanımlanmaktadır. Ekilebilir arazi, daimî çayır ve mera arazisi ve dikili mahsullerin arazisi olmak üzere üç kalemin toplam alanından oluşmaktadır.	Hektar	FAOSTAT
<i>Tarımsal iş gücü</i> , tarımsal üretimdeki toplam iş gücünü ifade etmektedir.	Kişi	ILOSTAT
<i>Çiftlik hayvanı</i> , toplam altı kategorideki on iki adet hayvan türüne ait sayıların ağırlıklı toplamını göstermektedir. Bu işlemde, literatürü takiben, Hayami ve Ruttan'ın (1970) önerdiği katsayılar kullanılarak (deve için 1,1; manda, at ve katır için 1,0; sığır ve eşek için 0,8; domuz için 0,2; koyun ve keçi için 0,1; kümes hayvanları (ördek, tavuk ve hindi) için 0,01) hayvan sayıları tek bir birim (koyun denkliği) üzerinden toplulaştırılmaktadır.	Koyun denkliği	FAOSTAT
<i>Gübre kullanımı</i> , azotlu (N), fosforlu (P ₂ O ₅) ve potasyumlu (K ₂ O) gübre tüketimlerinin toplamı şeklindedir.	Ton	IFASTAT
<i>Sermaye stoku</i> , gayrisafi sabit sermaye oluşumu değeri olarak alınmıştır ve bu değer tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörüne bir yıl içinde yapılan fiziki yatırımları ifade etmektedir. Aslında literatürdeki genel eğilim, fiziki sermayenin temsili değişkenlerinden biri olarak traktör sayısını kullanmaktır. Ancak 2009 yılından sonra FAOSTAT veri tabanında traktör sayısı değişkenine ilişkin veri bulunmamaktadır. Bu nedenle, 2009 yılı sonrası dönemini kapsayan çalışmalarda fiziki sermayenin temsili değişkeni olarak sermaye stoku değişkeninin kullanıldığı görülmektedir (bkz. Le ve diğerleri, 2019; Hajihassaniasl, 2020; Streimikis ve diğerleri, 2021).	US\$ (2015 temel yılı sabit fiyatlarıyla)	FAOSTAT
Çıktılar		
<i>Bitkisel üretim değeri ve hayvansal üretim değeri</i> , FAOSTAT'ın tarımsal üretim değerine ilişkin ölçümlerinden elde edilmiştir. Bitkisel üretim değeri serisi yem bitkileri dışındaki tüm mahsulleri (tahıllar, sebzeler, meyveler ve diğer bitkisel ürünler) içerirken, hayvansal üretim değeri serisi tüm kaynaklardan gelen et ve süt ile yumurta, bal, yün, post vb. ürünleri içermektedir. İlgili fiyat serileri, içerdikleri her bir ürünün üretim miktarlarıyla bir baz dönemin ortalama fiyatlarının (FAOSTAT veri tabanında halihazırda 2014-2016 fiyatları kullanılmaktadır) çarpılmasıyla elde edilen toplam değere karşılık gelmektedir. Söz konusu ölçü, Geary-Khamis yöntemi kullanılarak türetilen ve uluslararası dolar (\$) adı verilen ortak bir para biriminde ifade edilebilmektedir. Fiyat serilerinin bu şekilde standartlaştırılması, yerel para biriminin yeniden değerlemesinin etkisinden kaçınmak ve ülkeler arası karşılaştırmaları kolaylaştırmak için oldukça avantajlıdır.	İ\$ (brüt üretim değeri, 2014-2016 sabit fiyatlarıyla)	FAOSTAT

VZA'da girdilerin ve çıktıların arasında izotoniklik özelliğinin bulunması analizin güvenilirliği için önemlidir. Bu özellik, diğer faktörler sabit kalmak şartıyla, herhangi bir girdideki artışın herhangi bir çıktıda azalışa neden olmaması, bunun yerine çıktı artışıyla sonuçlanması gerektiği anlamına gelmektedir. Tablo 3'te yer alan pozitif Pearson korelasyon katsayıları, girdi-çıkıtı değişkenleri arasında izotoniklik koşulunun sağlandığını işaret etmektedir.

Tablo 3. Değişkenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

<i>Değişkenler</i>	<i>Tarım Arazisi</i>	<i>Tarımsal İş Gücü</i>	<i>Çiftlik Hayvanı</i>	<i>Gübre Kullanımı</i>	<i>Sermaye Stoku</i>	<i>Bitkisel Üretim Değeri</i>	<i>Hayvansal Üretim Değeri</i>
Tarım Arazisi	1	0,293	0,828	0,787	0,729	0,748	0,780
Tarımsal İş Gücü	0,293	1	0,561	0,314	0,301	0,445	0,383
Çiftlik Hayvanı	0,828	0,561	1	0,931	0,880	0,945	0,960
Gübre Kullanımı	0,787	0,314	0,931	1	0,945	0,977	0,980
Sermaye Stoku	0,729	0,301	0,880	0,945	1	0,950	0,962
Bitkisel Üretim Değeri	0,748	0,445	0,945	0,977	0,950	1	0,976
Hayvansal Üretim Değeri	0,780	0,383	0,960	0,980	0,962	0,976	1

4.2. Parçalı Elastiklik Senaryolarının Oluşturulması

Parçalı elastiklik ölçümlerinin yapılabilmesi için tüm değişkenlerin değişen (*A*), değişime yanıt veren (*B*) ve sabit tutulan (*C*) setlere bölüştürülerek, farklı girdi-çıkıtı kombinasyonları ile senaryoların tasarlanması gerekmektedir. Daha önce de ifade edildiği üzere, bu çalışmada değişime yanıt veren setin sadece çıktı değişkenlerini içerebildiği elastiklik analizi modelleri kullanılmakta olup ilgili ölçümler CRS varsayımı altında gerçekleştirilmektedir.

Tablo 4. Elastiklik ölçümleri için tasarlanan senaryolar

Senaryolar	Girdiler					Çıktılar	
	Tarım Arazisi	Tarımsal İş Gücü	Çiftlik Hayvanı	Gübre Kullanımı	Sermaye Stoku	Bitkisel Üretim Değeri	Hayvansal Üretim Değeri
Senaryo 1	A	C	C	C	C	B	C
Senaryo 2	C	C	A	C	C	C	B
Senaryo 3	C	C	C	A	C	B	C
Senaryo 4	A	C	C	C	C	B	B
Senaryo 5	C	A	C	C	C	B	B
Senaryo 6	C	C	C	C	A	B	B

CRS teknolojisinde girdi-çıkıtı değişkenleri arasında tam oransallık olduğu varsayıldığından ve değişen setin bütün girdileri, değişime yanıt veren setin ise bütün çıktıları içerdiği ölçek elastikliği hesaplamaları her bir birim için 1'e eşit bulunacağından, çıktı setlerinde ölçek elastikliği senaryosu bu başlık altında oluşturulan senaryolara dahil edilmemiştir. Öte yandan, marjinal değişimin gerçekleşeceği varsayılan setteki değişken sayısı arttıkça daha fazla üretim faktöründe değişim yaşanması gerekmekte, bu da değişimin gerçekleşmesi için gereken sürecin uzaması anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, ölçek elastikliği senaryosu da dahil olmak üzere bu şekilde kurgulanan senaryolar için yapılan çıkarımların geniş bir zaman dilimi için gerçekçi olduğu söylenebilir. Bu çalışmada ise hem kısa vadede gerçekleşebilecek değişimler karşısında birimlerin hassasiyetine ilişkin çözümlenmeler sunması hem pratik uygulamalarda yol gösterici olması hem de yorumlama kolaylığı sağlaması açısından uzun vadeli senaryolar tasarlamak yerine marjinal değişimin yaşanacağı varsayılan sette sadece bir adet değişkenin bulunduğu kısa vadeli senaryoların kurgulanması yoluna gidilmiştir. Bu bilgiler ışığında hazırlanan altı farklı senaryoya ilişkin detaylar Tablo 4'te sunulmuştur.

5. BULGULAR ve TARTIŞMA

5.1. Etkinlik Analizi

CCR modeli kullanılarak ulaşılan, toplam 37 ülke özelindeki tarımsal teknik etkinlik skorları Tablo 5'te verilmiştir. Ülkelerin 2019 yılı ortalama genel etkinlik skoru 0,87'dir. Bu bulgu, OECD ülkelerinin tarımsal etkinliğinde %13'lük bir potansiyel artış yapılabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca, ülkelerin tarımsal teknik etkinlik skorlarının 0,43 ile 1,00 arasında değiştiği ve 37 ülkeden 16'sının görece olarak etkin bir şekilde performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 5. Ülkeler özelinde tarımsal etkinlik skorları

Ülke Adı	Etkinlik Skoru	Ülke Adı	Etkinlik Skoru	Ülke Adı	Etkinlik Skoru
ABD	0,94	İrlanda	0,96	Macaristan	1,00
Almanya	0,86	İspanya	1,00	Meksika	1,00
Avustralya	0,67	İsrail	1,00	Norveç	0,58
Avusturya	0,81	İsveç	0,82	Polonya	1,00
Belçika	1,00	İsviçre	0,74	Portekiz	1,00
Birleşik Krallık	0,68	İtalya	1,00	Slovakya	0,66
Çekya	0,69	İzlanda	0,43	Slovenya	0,53
Danimarka	0,93	Japonya	0,94	Şili	1,00
Estonya	0,77	Kanada	1,00	Türkiye	0,99
Finlandiya	0,85	Kolombiya	1,00	Yeni Zelanda	1,00
Fransa	0,89	Letonya	0,76	Yunanistan	1,00
Güney Kore	1,00	Litvanya	0,75	Ortalama	0,87
Hollanda	1,00	Lüksemburg	1,00		

Etkinlik skoru 1,00'a eşit olan ülkeler Belçika, Güney Kore, Hollanda, İspanya, İsrail, İtalya, Kanada, Kolombiya, Lüksemburg, Macaristan, Meksika, Polonya, Portekiz, Şili, Yeni Zelanda ve Yunanistan'dır. Birleşmiş Milletler'in (2019: 169-170) gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomiler sınıflandırmasına göre OECD ülkeleri içinde bulunan 6 adet gelişmekte olan ülkeden (Güney Kore, İsrail, Kolombiya, Meksika, Şili ve Türkiye) Türkiye hariç tamamının etkin bir şekilde faaliyet gösterdiği de dikkat çeken bulgular arasındadır.

Geride kalan 21 ülke ise görece olarak daha düşük tarımsal performans sergileyerek, etkinlik sınırında yer alamayan ülkelere karşılık gelmektedir. Söz konusu ülkelere 0,43 etkinlik skoruyla İzlanda en düşük etkinlik seviyesindedir. OECD ülkeleri içerisinde en büyük tarımsal desteği alan ülkelere birisi olmasına (OECD, 2020: 257) ve tarım sektöründe en son teknolojinin kullanılmasına karşın (T.C. Ticaret Bakanlığı, t.y.: 4) coğrafi konumu ve zorlu iklim şartları nedeniyle topraklarının büyük bir kısmının tarıma elverişsiz olması, İzlanda için ulaşılan bu bulguyu destekler niteliktedir. OECD'ye üye ülkeler arasında gelişmekte olan ekonomiler kategorisinde yer alan Türkiye'nin ise etkin bulunmasında da 0,99 etkinlik skoruyla etkinlik sınırına oldukça yakın olduğu söylenebilir.

Tablo 5'teki teknik etkinlik skorlarından yararlanılarak oluşturulan Tablo 6'da ise analiz kapsamındaki ülkelerin Birleşmiş Milletler (2019: 169-170) M49 sınıflandırmasına göre yer aldığı 9 adet bölgeye ait ortalama etkinlik skorları sunulmuştur. Buna göre, Latin Amerika en yüksek ortalama etkinlik skoruna sahipken, Kuzey Avrupa ortalama etkinlikte en son sıradadır. Latin Amerika'nın ilk sırada yer almasında bölgede iklim çeşitliliğinin avantajlarının yaşanmasının, buna bağlı olarak da tarımsal ürün yelpazesinin geniş olmasının etkisi kuvvetle muhtemeldir. Tam tersi şekilde, Kuzey Avrupa bölgesinin en düşük ortalama etkinlik skoruna sahip olması, bu bölgedeki ülkelerin büyük bir bölümünün coğrafi konumları nedeniyle sert iklim koşullarına maruz kalmaları ve dolayısıyla toprak özellikleri ve hayvancılık açısından çeşitli zorluklar yaşamalarıyla ilişkilendirilebilir. Avrupa kıtası için ortalama tarımsal etkinlik skorlarının ise en yüksekten en düşüğe doğru Güney Avrupa (0,907), Batı Avrupa (0,902), Doğu Avrupa (0,836) ve Kuzey Avrupa (0,752) olarak sıralandığı görülmektedir.

Tablo 6. Bölgesel tarımsal etkinlik skorları

<i>M49 Sınıflandırmasına Göre Bölge Adı</i>	<i>Etkinlik Skoru Ortalaması</i>
Latin Amerika	1,000
Batı Asya	0,995
Kuzey Amerika	0,968
Doğu Asya	0,968
Güney Avrupa	0,907
Batı Avrupa	0,902
Doğu Avrupa	0,836
Okyanusya	0,835
Kuzey Avrupa	0,752

5.2. Elastiklik Analizi Bulguları

Etkinlik analizinin ardından, karar birimleri tasarlanan her bir senaryo özelinde parçalı elastiklik ölçümlerine tabi tutulmuştur. Etkinlik analizi sonucunda 37 OECD ülkesi arasından etkin bir şekilde faaliyet gösteremediği belirlenen 21 ülkenin, elastiklik analizinde kurgulanan tüm senaryolar için RHE modeli ve LHE modeli sonuçları olumsuz çıkmıştır. Bu durum, zaten radyal olarak etkin bulunmayan ilgili ülkelerin belirlenen senaryolar özelinde seçmeli radyal etkinlik varsayımını da sağlayamadıklarını, diğer bir ifadeyle, çıktı vektörü Y_0^B 'nin mümkün olan maksimum miktarını üretmediklerini göstermektedir. Bu nedenle, elastiklik analiziyle ilgili elde edilen bulgular seçmeli radyal etkinlik varsayımını sağlayan 16 ülke özelinde değerlendirilmiştir.

RHE skoru, değişen setteki girdi ve/veya çıktıların oransal marjinal artışına karşılık değişime yanıt veren setteki çıktıların yanıtını; LHE skoru ise değişen setteki girdi ve/veya çıktıların oransal marjinal azalışına karşılık değişime yanıt veren setteki çıktıların yanıtını göstermek üzere her bir senaryo için saptanan en yüksek RHE ve LHE skorları ile bu skorlara karşılık gelen birimler Tablo 7'de verilmiştir. Elastiklik skoru arttıkça ilgili birimin olası değişimlere karşı duyarlılığı artarken, azaldıkça ilgili birimin olası değişimlere karşı duyarlılığı da azalmaktadır.

Değişen sette tarım arazisi değişkeninin ve değişime yanıt veren sette bitkisel üretim değeri değişkeninin yer aldığı senaryo 1 kapsamında değişime en duyarlı olan birimlerin Polonya ve Güney Kore olduğu belirlenmiştir. Diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla, RHE skoru tarım arazisi değişkeninde yapılacak %1'lik bir artışın Polonya'nın bitkisel üretim değerinde %0,33'lük bir artış sağlayacağını, LHE

skoru ise tarım arazisi değişkeninde yapılacak %1'lik bir azalışın Güney Kore'nin bitkisel üretim değerinde %1,8'lik bir azalışa neden olacağını ifade etmektedir.

Tablo 7. Senaryo bazında sağ ve sol taraf elastiklik skorları en yüksek olan birimler

Senaryolar	Sağ Taraf Elastikliği		Sol Taraf Elastikliği	
	Karar Birimi	RHE	Karar Birimi	LHE
Senaryo 1	Polonya	0,33	Güney Kore	1,80
Senaryo 2	Yunanistan	2,00	Yeni Zelanda	0,70
Senaryo 3	Kolombiya	1,63	Portekiz	1,27
Senaryo 4	Güney Kore	0,15	Güney Kore, Hollanda	1,00
Senaryo 5	Lüksemburg	0,99	Belçika, Kanada, Lüksemburg	1,00
Senaryo 6	Polonya	0,63	Meksika	1,00

Bulguların daha iyi anlaşılması amacıyla, Senaryo 1 için elde edilen elastiklik skorlarının değişime yanıt veren değişkenlerde nasıl bir etki yaratacağı Polonya ve Güney Kore örneği üzerinden Tablo 8'de sunulmuştur. Buna göre, diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla Polonya'nın mevcut durumda 14.523.000 hektar olan tarım arazisinde yapılacak %1'lik bir artışın (145.230 hektar) bitkisel üretimde 49.185.536 İŞ'lık (%0,33'lük) bir artışa karşılık gelmesi beklenir. Benzer şekilde, Güney Kore'nin 1.637.000 hektar olan tarım arazisinde yapılacak %1'lik bir azalış (16.370 hektar), bitkisel üretim değerinde 138.666.528 İŞ'lık (%1,80'lik) bir azalışa tekabül etmesini anlatmaktadır.

Tablo 8. Senaryo 1 kapsamında Polonya ve Güney Kore'nin A ve B Alt setlerindeki değişim

Ülke	Tarım Arazisi (hektar)	Bitkisel Üretim (İŞ)
Polonya (mevcut durum)	14.523.000	14.904.708.000
Polonya (marjinal değişimli durum)	14.668.230	14.953.893.536
Artış Miktarı	145.230	49.185.536
Güney Kore (mevcut durum)	1.637.000	7.703.696.000
Güney Kore (marjinal değişimli durum)	1.620.630	7.565.029.472
Azalış Miktarı	-16.370	-138.666.528

Tekrar Tablo 7'deki bulgulara dönülürse, çiftlik hayvanı sayısındaki değişime hayvansal üretim değerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryo 2 kapsamında, diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla, çiftlik hayvanı sayısı değişkeninde yapılacak %1'lik bir artışın Yunanistan'ın hayvansal üretim değerinde %2'lik bir artış sağlayacağı, çiftlik hayvanı sayısı değişkeninde yapılacak %1'lik bir azalışın ise Yeni Zelanda'nın hayvansal üretim değerinde %0,7'lik bir azalışa neden olacağı tespit edilmiştir. Tarımsal ürünlerdeki ithalatının büyük bir bölümü et, mandıra ve deniz ürünlerinden oluşan Yunanistan için (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2022: 14) çiftlik hayvanı sayısında yapılacak %1'lik artışa karşılık iki katı getiri sağlanabilmesine yönelik bu bulgunun, ülkenin hayvansal ürün ithalatını azaltması noktasında değerlendirilmesi gereken bir fırsat olduğu düşünülmektedir.

Gübre kullanımındaki değişime bitkisel üretim değerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryo 3 kapsamında, diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla, gübre kullanımı değişkeninde yapılacak %1'lik bir artışın Kolombiya'nın bitkisel üretim değerinde %1,63'lük bir artış sağlayacağı, gübre kullanımı değişkeninde yapılacak %1'lik bir azalışın ise Portekiz'in bitkisel üretim değerinde %1,27'lik bir azalışa neden olacağı saptanmıştır. Kolombiya'nın gübre kullanımı değişkenindeki marjinal değişikliğe karşılık bitkisel üretim değeri değişkenindeki hassasiyetinin fazla olması, gelişmiş ülkelere kıyasla düşük seviyelerdeki gübre kullanım miktarıyla ilişkili olabilir. Zira, 2019 verilerine göre OECD ülkeleri içerisinde tarım arazisi açısından Kolombiya'ya en yakın tarım arazisine sahip olan Kanada, Kolombiya'nın yaklaşık altı katı kadar gübre kullanmaktadır.

Tarım arazisindeki değişime bitkisel ve hayvansal üretim değerlerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryo 4 kapsamında, diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla, tarım arazisi değişkeninde yapılacak %1'lik bir artışın Güney Kore'nin bitkisel ve hayvansal üretim değerinde %0,15'lik bir artış sağlayacağı, tarım arazisi değişkeninde yapılacak %1'lik bir azalışın ise hem Güney Kore hem de Hollanda'nın bitkisel ve hayvansal üretim değerlerinde %1'lik bir azalışa neden olacağı belirlenmiştir. Tarım arazisindeki değişime sadece bitkisel üretim değerinin hassasiyetinin ölçüldüğü senaryo 1'de %1,8 değeriyle en yüksek LHE skoruna sahip olan Güney Kore, tarım arazisindeki değişime bitkisel ve hayvansal üretim değerinin hassasiyetinin ölçüldüğü senaryo 4'te en yüksek LHE skorunu Hollanda ile paylaşmaktadır. Buna göre, Güney Kore'nin tarım arazisi değişkeninde bir azalış söz konusuysa, diğer tüm değişkenlerin sabit kalması şartıyla; (i) senaryo 1'deki gibi tarım arazisinde %1'lik azalışa gidildiğinde bitkisel üretim değerinde %1,8'lik

azalış kaydedilmesi veya (ii) senaryo 4'teki gibi tarım arazisinde %1'lik azalışa gidildiğinde bitkisel ve hayvansal üretim değerinde ayrı ayrı %1'lik azalışlar kaydedilmesi opsiyonları arasında bir tercih yapılarak, politika geliştirilmesi faydalı olacaktır.

Tarımsal iş gücündeki değişime bitkisel ve hayvansal üretim değerlerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryo 5 kapsamında, diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla, Lüksemburg en yüksek RHE ve LHE skoruna sahipken, Lüksemburg'un yanı sıra Belçika ve Kanada'nın da LHE skorunun en yüksek seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Dünya Bankası'nın (2022b) 2019 yılı verilerine göre Lüksemburg, Belçika ve Kanada'nın aktif nüfusunun yalnızca küçük bir yüzdesinin (sırasıyla %0,68, %0,92 ve %1,51) tarımla uğraşması ve tarımsal istihdamlarının OECD ülkeleri ortalamasının (%4,8) altında kalması, tarımsal iş gücündeki değişime karşı ilgili ülkelerin bitkisel ve hayvansal üretim değerlerinin duyarlılığını açıklar niteliktedir.

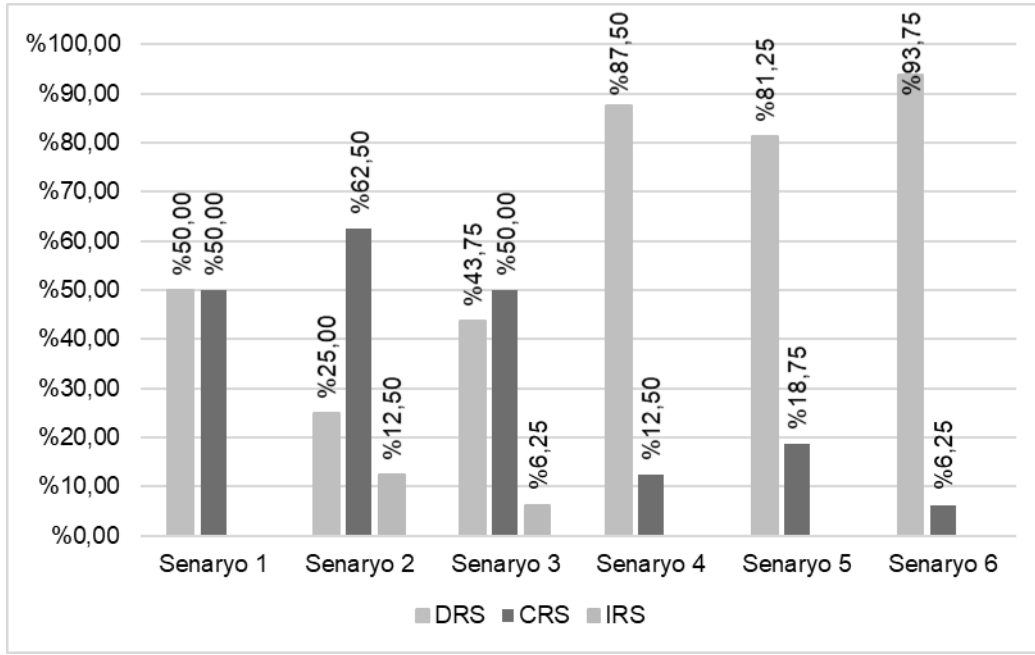
Son olarak, sermaye stokundaki değişime bitkisel ve hayvansal üretim değerlerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryo 6 kapsamında, diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla, sermaye stoku değişkeninde yapılacak %1'lik bir artışın Polonya'nın bitkisel ve hayvansal üretim değerinde %0,63'lük bir artış sağlayacağı, sermaye stoku değişkeninde yapılacak %1'lik bir azalışın ise Meksika'nın bitkisel ve hayvansal üretim değerinde %1'lik bir azalışa neden olacağı tespit edilmiştir. Polonya'nın sağ taraf elastikliği bakımından %0,33 değeriyle senaryo 1'e kıyasla %0,63 değeriyle senaryo 6'da daha yüksek bir skora sahip olduğu dikkat çekmektedir. Bu nedenle, oransal marjinal bir değişim kapsamında, Polonya için senaryo 1'deki gibi tarım arazisinde artış sağlayacak uygulamalara (ormansızlaşma, tarım arazisi dönüştürme vb.) gidilmesi yerine senaryo 2'deki gibi sermaye stokuna yatırım yapılmasının hem çevresel açıdan daha zararsız olacağı hem de ülkenin tarımsal üretimine daha fazla katkı sağlayacağı ifade edilebilir. Ancak her iki durumda da değişime yanıt veren setteki artışın değişen setteki artışa kıyasla azalan oranda gerçekleşeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Elde edilen elastiklik skorlarına göre belirlenen, kurgulanmış her bir senaryo için birimlerin sergiledikleri kısmi RTS türleri Tablo 9'da, RTS türlerinin yüzdeleri ise Şekil 2'de özetlenmiştir. İlgili bulgulara göre, *C* setindeki değişkenlerin sabit kalması şartıyla *A* setinde yapılacak marjinal bir artışın;

- Senaryo 1 için ülkelerin %50'sinin *B* setinde daha az oranda ve %50'sinin *B* setinde aynı oranda bir artışa,
- Senaryo 2 için ülkelerin %25'inin *B* setinde daha az oranda, %62,5'inin *B* setinde aynı oranda ve %12,5'inin *B* setinde daha fazla oranda bir artışa,
- Senaryo 3 için ülkelerin %43,75'inin *B* setinde daha az oranda, %50'sinin *B* setinde aynı oranda ve %6,25'inin *B* setinde daha fazla oranda bir artışa,
- Senaryo 4 için ülkelerin %87,5'inin *B* setinde daha az oranda ve %12,5'inin *B* setinde aynı oranda bir artışa,
- Senaryo 5 için ülkelerin %81,25'inin *B* setinde daha az oranda ve %18,75'inin *B* setinde aynı oranda bir artışa,
- Senaryo 6 için ülkelerin %93,75'inin *B* setinde daha az oranda ve %6,25'inin *B* setinde aynı oranda bir artışa neden olacağı söylenebilir.

Tablo 9. Senaryo bazında RTS karakterizasyonu

Ülkeler	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6
Belçika	CRS	CRS	CRS	DRS	CRS	DRS
Güney Kore	CRS	CRS	DRS	CRS	DRS	DRS
Hollanda	CRS	CRS	CRS	CRS	DRS	DRS
İspanya	DRS	CRS	DRS	DRS	DRS	DRS
İsrail	CRS	CRS	CRS	DRS	DRS	DRS
İtalya	DRS	CRS	CRS	DRS	DRS	DRS
Kanada	DRS	CRS	DRS	DRS	CRS	DRS
Kolombiya	CRS	DRS	IRS	DRS	DRS	DRS
Lüksemburg	CRS	DRS	CRS	DRS	CRS	DRS
Macaristan	DRS	CRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Meksika	CRS	CRS	CRS	DRS	DRS	CRS
Polonya	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Portekiz	DRS	CRS	CRS	DRS	DRS	DRS
Şili	DRS	IRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Yeni Zelanda	CRS	DRS	CRS	DRS	DRS	DRS
Yunanistan	DRS	IRS	DRS	DRS	DRS	DRS



Şekil 2. Senaryo bazında RTS yüzdeleri

Ayrıca, Tablo 9 ve Şekil 2'den ülkelerin büyük bir kısmının tarımsal üretimde DRS karakteristiği sergilediği, buna karşılık IRS karakteristiği sergileyen ülke sayısının oldukça az olduğu görülmektedir. Senaryo 1'de birimler eşit oranda DRS ve CRS karakteristiği sergilerken, senaryo 2 ve 3'te diğer senaryolara kıyasla CRS payının; senaryo 4, 5 ve 6'da ise açık ara DRS payının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Senaryo 1, 4, 5 ve 6'da IRS karakteristiği sergileyen ülke bulunmadığı için ilgili senaryolar özelinde tarımsal çıktılarda büyüme sağlanamayacağı, öte yandan senaryo 2'de IRS karakteristiği sergileyen Şili ile Yunanistan'ın ve senaryo 3'te IRS karakteristiği sergileyen Kolombiya'nın ilgili senaryolar özelinde tarımsal çıktılarında büyüme sağlayabilmesinin mümkün olduğu kaydedilmiştir.

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, öncelikle standart Veri Zarflama Analizi (VZA) yaklaşımı kullanılarak OECD üyesi ülkelerin 2019 yılı tarımsal etkinliği ölçülmektedir. Etkinlik analizini takiben, girdi-çıkıtı değişkenlerinin alt setlerindeki duyarlılığın incelendiği ve dolayısıyla VZA'nın duyarlılık analizi olarak nitelendirilen parçalı elastiklik ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Parçalı elastiklik analizlerinde, girdi ve çıktı değişkenlerinin alt setlere ayrıştırıldığı altı farklı senaryo için karar birimleri elastiklik ölçümlerine tabi tutulmakta ve her bir senaryo özelinde en yüksek sağ ve sol taraf elastiklik skorlarına sahip olduğu belirlenen ülkeler üzerinden değerlendirmelerde bulunmaktadır. Son olarak, elde edilen elastiklik skorları, karşılık gelen ölçeğe göre getiri (RTS) sınıflarıyla ilişkilendirilmekte ve senaryo bazında ülkelerin kısmi RTS karakterizasyonları ortaya konulmaktadır.

Etkinlik analizi bulgularına göre 37 OECD ülkesinden 16'sının yani yaklaşık olarak %43'ünün etkin bir şekilde faaliyet gösterdiği ve ülkelerin ortalama tarımsal etkinliğinin 0,87 seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, OECD'ye üye ülkeler arasında gelişmekte olan ekonomiler kategorisindeki ülkelere Türkiye hariç tamamı görece olarak etkin bulunmuş, Türkiye'nin de etkinlik sınırına oldukça yakın bir şekilde faaliyet gösterdiği saptanmıştır.

Elastiklik analizi bulgularına göre ise tarımsal üretimde ülkelerin büyük oranda ölçeğe göre azalan getiri karakteristiği sergilediği ve bu oranı ölçeğe göre sabit getiri karakteristiği sergileyen ülkelerin takip ettiği tespit edilmiştir. Ölçeğe göre artan getiri karakteristiği sergileyen ülkelerin ise oldukça az sayıda olduğu belirlenmiş, artan getiriye sadece çiftlik hayvanı sayısındaki değişime hayvansal üretim değerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryoda ve gübre kullanımındaki değişime bitkisel üretim değerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryoda rastlanmıştır. Elastiklik analizleri kapsamında, marjinal değişimin yaşanacağı varsayılan sette yalnızca tek bir faktörü değiştirmeye odaklanıldığı, dolayısıyla da çoklu faktör değişikliğine kıyasla daha basit ve kısa soluklu değişiklikler gerektiren senaryoların tasarlandığı göz önünde bulundurularak, seçmeli radyal etkinlik varsayımını sağlayan OECD ülkelerinin büyük bir bölümü için tarım sektöründe kısa vadede büyümeye gidilemeyeceği, ilgili senaryolar özelindeki üretim faktörlerinde yaşanabilecek marjinal artışlar karşısında tarımsal çıktılarının çoğunlukla azalan veya sabit oranda artış eğiliminde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada tarımın çevresel boyutundan ziyade üretim boyutuna odaklanılmaktadır. Tarımsal etkinlik ve elastiklik ölçümünde çevresel faktörlerin (örneğin, istenmeyen yapıdaki sera gazı emisyonları) de dikkate alındığı gelecek çalışmalar yürütülebilir. Bir başka gelecek araştırma konusu olarak ise bu çalışmada tasarlanan benzer senaryolar üzerinden Stokastik Sınır Analizi gibi parametrik yöntemlerle elastiklik bulgularının elde edileceği ve sonrasında VZA bulgularıyla kıyaslanacağı metodolojik karşılaştırma odaklı yaklaşımlar önerilebilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Ceren Dirik: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Modelleme, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak *Serap Şahin*: Metodoloji, Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme *Kazım Barış Atıcı*: Metodoloji, Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme
Ceren Dirik: Literature review, Conceptualization, Methodology, Modelling, Data Curation, Analysis, Writing-original draft *Serap Şahin*: Methodology, Modelling, Writing-review and editing *Kazım Barış Atıcı*: Methodology, Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Antle, J.M. (1983). "Infrastructure and Aggregate Agricultural Productivity: International Evidence", *Economic Development and Cultural Change*, 31(3), 609-619.
- Arrow, K.J., Chenery, H.B., Minhas, B.S. ve Solow, R.M. (1961). "Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency", *The Review of Economics and Statistics*, 43(3), 225-250.
- Atıcı, K.B. ve Podinovski, V.V. (2012). "Mixed Partial Elasticities in Constant Returns-to-Scale Production Technologies", *European Journal of Operational Research*, 220(1), 262-269.
- Atıcı, K.B., Ulucan, A. ve Bayar, I.U. (2018). "The Measurement of Agricultural Productivity Change in OECD Countries with Fuzzy Data", *RAIRO-Operations Research*, 52(3), 1003-1017.
- Banker, R.D., Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1984). "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Bhattacharjee, J.P. (1955). "Resource Use and Productivity in World Agriculture", *Journal of Farm Economics*, 37(1), 57-71.
- Bilişik, M.T. (2015). "Gelişmekte Olan ve Hızlı Büyüyen Ülkelerin Tarım Sektörünün Malmquist Toplam Faktör Verimliliği ile Analizi", *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(2), 77-97.
- Birleşmiş Milletler. (2019). "World Economic Situation and Prospects 2019", https://unctad.org/system/files/official-document/wesp2019_en.pdf (Erişim Tarihi: 20.03.2022).
- Bureau, J.C., Färe, R. ve Grosskopf, S. (1995). "A Comparison of Three Nonparametric Measures of Productivity Growth in European and United States Agriculture", *Journal of Agricultural Economics*, 46(3), 309-326.
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E. (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Coelli, T.J. (1995). "Recent Developments in Frontier Modelling and Efficiency Measurement", *Australian Journal of Agricultural Economics*, 39(3), 219-245.
- Coelli, T.J. ve Rao, D.P. (2005). "Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980–2000", *Agricultural Economics*, 32(1), 115-134.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M. ve Tone, K. (2007). "Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software", Springer, New York.
- Deliktaş, E. ve Balcılar, M. (2005). "A Comparative Analysis of Productivity Growth, Catch-Up, and Convergence in Transition Economies", *Emerging Markets Finance and Trade*, 41(1), 6-28.
- Dünya Bankası. (2007). "World Development Report 2008: Agriculture for Development", World Bank, Washington, DC.
- Dünya Bankası. (2022a). "Poverty Headcount Ratio at \$1.90 A Day (2011 PPP) (% of Population)", <https://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.DDAY?end=2019&start=2014> (Erişim Tarihi: 01.05.2022).
- Dünya Bankası. (2022b). "Employment in Agriculture (% of Total Employment) (Modeled ILO Estimate)", <https://data.worldbank.org/indicator/SL.AGR.EMPL.ZS?end=2019&start=2000&view=chart> (Erişim Tarihi: 01.05.2022).
- Emrouznejad, A. ve Yang, G.L. (2018). "A Survey and Analysis of the First 40 Years of Scholarly Literature in DEA: 1978-2016", *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4-8.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2003). "Compendium of Agricultural – Environmental Indicators 1989-91 to 2000", <https://www.fao.org/3/j0945e/j0945e00.pdf> (Erişim Tarihi: 30.12.2021).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2017). "The Future of Food and Agriculture – Trends and Challenges", <https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf> (Erişim Tarihi: 17.12.2021).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2022a). "SDG Indicators – Prevalence of Undernourishment (%)", <https://www.fao.org/faostat/en/#data/SDGB> (Erişim Tarihi: 14.02.2022).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2022b). "FAO Food Price Index", <https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/> (Erişim Tarihi: 16.02.2022).
- Førsund, F.R. ve Hjalmarsson, L. (2004). "Calculating Scale Elasticity in DEA Models", *Journal of the Operational Research Society*, 55(10), 1023-1038.
- Fukuyama, H. (2000). "Returns to Scale and Scale Elasticity in Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 125(1), 93-112.
- Galanopoulos, K., Karagiannis, G. ve Koutroumanidis, T. (2004). "Malmquist Productivity Index Estimates for European Agriculture in the 1990s", *Operational Research*, 4(1), 73-91.

- Hadjicostas, P. ve Soteriou, A.C. (2006). "One-Sided Elasticities and Technical Efficiency in Multi-Output Production: A Theoretical Framework", *European Journal of Operational Research*, 168(2), 425-449.
- Hajihassaniasl, S. (2020). "The Impact of National Income on the Technical Efficiency of Agriculture Sector in Developing Countries (A Metafrontier Approach)", *Scientific Papers Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*, 20(4), 245-254.
- Hayami, Y. ve Ruttan, V.W. (1970). "Agricultural Productivity Differences Among Countries", *The American Economic Review*, 60(5), 895-911.
- Headey, D., Alauddin, M. ve Rao, D.S.P. (2010). "Explaining Agricultural Productivity Growth: An International Perspective", *Agricultural Economics*, 41(1), 1-14.
- Kawagoe, T., Hayami, Y. ve Ruttan, V.W. (1985). "The Intercountry Agricultural Production Function and Productivity Differences Among Countries", *Journal of Development Economics*, 19(1-2), 113-132.
- Kyrgiakos, L.S., Vlontzos, G. ve Pardalos, P.M. (2021). "Ranking EU Agricultural Sectors Under the Prism of Alternative Widths on Window DEA", *Energies*, 14(4), 1-26.
- Le, T.L., Lee, P.P., Peng, K.C. ve Chung, R.H. (2019). "Evaluation of Total Factor Productivity and Environmental Efficiency of Agriculture in Nine East Asian Countries", *Agricultural Economics*, 65(6), 249-258.
- Liu, J.S., Lu, L.Y.Y., Lu, W.M. ve Lin, B.J.Y. (2013). "A Survey of DEA Applications", *Omega*, 41(5), 893-902.
- Menten, C. (2018). "Türkiye Tarım Sektöründe Parametrik Olmayan Etkinlik ve Elastiklik Ölçümü", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Menten, C., Çekiç, B. ve Atıcı, K.B. (2020). "Türkiye Tarım Sektöründe Ürünler Bazında Etkinlik Değerlendirmesi", *Verimlilik Dergisi*, (1), 117-141.
- Mihçı, H. ve Mollavelioğlu, S. (2011). "An Assessment of Sustainable Agriculture in the OECD Countries with Special Reference to Turkey", *New Medit*, 10(2), 4-17.
- Mollavelioğlu, S., Mihçı, H., Çağatay, S. ve Ulucan, A. (2010). "Assessment of Sustainability of the European Union and Turkish Agricultural Sectors", *New Medit*, 9(3), 13-21.
- Mugera, A. ve Ojeda, A. (2014). "Technical Efficiency in African Agriculture: Is It Catching up or Lagging Behind?", *Journal of International Development*, 26(6), 779-795.
- Muhtarom, A., Haryanto, T. ve Istifadah, N. (2019). "Analysis of Productivity Efficiency of Food Plant Agriculture in East Java based on DEA Index", *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(1), 420-443.
- Mundlak, Y. ve Hellinghausen, R. (1982). "The Intercountry Agricultural Production Function: Another View", *American Journal of Agricultural Economics*, 64(4), 664-672.
- Nguyen, D. (1979). "On Agricultural Productivity Differences Among Countries", *American Journal of Agricultural Economics*, 61(3), 565-570.
- Nin-Pratt, A., Yu, B. ve Fan, S. (2010). "Comparisons of Agricultural Productivity Growth in China and India", *Journal of Productivity Analysis*, 33(3), 209-223.
- OECD (2020). "Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2020", OECD Publishing, Paris.
- Podinovski, V.V., Chambers, R.G., Atıcı, K.B. ve Deineko, I.D. (2016). "Marginal Values and Returns to Scale for Nonparametric Production Frontiers", *Operations Research*, 64(1), 236-250.
- Podinovski, V.V. ve Førsund, F.R. (2010). "Differential Characteristics of Efficient Frontiers in Data Envelopment Analysis", *Operations Research*, 58(6), 1743-1754.
- Podinovski, V.V., Førsund, F.R. ve Krivonozhko, V.E. (2009). "A Simple Derivation of Scale Elasticity in Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 197(1), 149-153.
- Reilly, M. ve Willenbockel, D. (2010). "Managing Uncertainty: A Review of Food System Scenario Analysis and Modelling", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 3049-3063.
- Rezek, J.P., Campbell, R.C. ve Rogers, K.E. (2011). "Assessing Total Factor Productivity Growth in Sub-Saharan African Agriculture", *Journal of Agricultural Economics*, 62(2), 357-374.
- Saraç, S.B. (2020). "Veri Zarflama Analizinde Elastiklik Ölçümü Üzerine Bir Model Önerisi: Tarım Sektörü Uygulaması", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Saraç, S.B., Atıcı, K.B. ve Ulucan, A. (2022). "Elasticity Measurement on Multiple Levels of DEA Frontiers: An Application to Agriculture", *Journal of Productivity Analysis*, 57(3), 313-324.
- Seiford, L.M. ve Zhu, J. (1999). "An Investigation of Returns to Scale in Data Envelopment Analysis", *Omega*, 27(1), 1-11.

- Sharma, S. (2020). "Environmental Efficiency in South Asian Agriculture: A Potential of Reducing CO2 Emissions and Fertilizers Usage", *Journal of Public Affairs*, 22(1), 1-8.
- Streimikis, J., Miao, Z. ve Balezentis, T. (2021). "Creation of Climate-Smart and Energy-Efficient Agriculture in the European Union: Pathways Based on the Frontier Analysis", *Business Strategy and the Environment*, 30(1), 576-589.
- Suhariyanto, K. ve Thirtle, C. (2001). "Asian Agricultural Productivity and Convergence", *Journal of Agricultural Economics*, 52(3), 96-110.
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2022). "Yunanistan Pazar Bilgileri", https://ticaret.gov.tr/data/5f118f7413b87614f041ad75/2022_Yunanistan_Pazar_Bilgileri.pdf (Erişim Tarihi: 25.03.2022).
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (t.y.). "İzlanda Pazar Bilgileri", <https://ticaret.gov.tr/data/5eff2c6f13b87612f80cb9a6/%C4%B0zlanda%20%C3%BCIke%20bilgileri.pdf> (Erişim Tarihi: 20.03.2022).
- Tunca, H. ve Deliktaş, E. (2015). "OECD Ülkelerinde Tarımsal Etkinlik Ölçümü: Dinamik Veri Zarflama Analizi", *Ege Akademik Bakış*, 15(2), 217-227.
- Vlontzos, G., Niavis, S. ve Manos, B. (2014). "A DEA Approach for Estimating the Agricultural Energy and Environmental Efficiency of EU Countries", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 91-96.
- Yamada, S. ve Ruttan, V.W. (1980). "International Comparisons of Productivity in Agriculture", *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, Editör: Kendrick, J.W. ve Vaccara, B.N., University of Chicago Press, Chicago, 507-594.

Heterojen Araçlar ile Sürdürülebilir Birebir Toplama ve Dağıtım Problemi Üzerine Bir Analiz

Muhammed Enes TAŞDAN¹, Cem MENTEN², Mehmet SOYSAL³, Mustafa ÇİMEN⁴

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın temel amacı, birebir toplama ve dağıtım problemi için önerilen modelin çeşitli senaryolar altında emisyon salınımı ve yakıt tüketimi gibi önemli faktörleri göz önünde bulundurarak uygulanabilirliğini ve kullanımından elde edilecek faydaları ortaya koyabilmektir.

Yöntem: Bu çalışmada, araç rotalama probleminin alt türlerinden biri olan birebir toplama ve dağıtım problemi ele alınmaktadır. Problemin çözümü için bir Karışık Tam Sayılı Programlama modeli önerilmiştir.

Bulgular: Analizler kapsamında, kısa mesafe yük taşımacılığı faaliyetlerinde elektrikli motora sahip araçların kullanımının emisyon salınımları ve maliyet bakımından faydaları ortaya konmuştur. Ek olarak, sürdürülebilirlik performansının daha da yukarıya çekilmesi adına, kullanılan elektrikli araçlar için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini güneş panelleri ile üretmeyi hedefleyen potansiyel bir yatırım için maliyet analizi yapılmıştır. Güneş panellerine yapılacak yatırımın düşük (ortalama %6) bir getiri oranına sahip olduğundan ötürü bu yatırımın finansal açıdan uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Özgünlük: Literatürdeki ilgili çalışmalardan farklı olarak, dağıtımda kullanılacak araçların elektrikli ve dizel motorlu olduğu varsayılarak farklı senaryolar altında sürdürülebilirlik göstergeleri üzerine değerlendirmelerde bulunulmuştur. Ayrıca, güneş panellerine yapılacak yatırım sonucu elde edilecek çevresel fayda ile çalışmanın sürdürülebilir lojistik yönetimi literatürüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Lojistik, Kısa Mesafe Yük Taşımacılığı, Birebir Toplama ve Dağıtım Problemi, Heterojen Araçlar, Enerji Tüketimi.

JEL Kodları: C61, L91, R41.

An Analysis on Sustainable One-to-One Pickup and Delivery Problem with Heterogeneous Vehicles

ABSTRACT

Purpose: The main goal of this research is to present the applicability of the proposed model for the one-to-one pickup and delivery problem, as well as the benefits of using it, by taking into account important factors such as emissions and fuel consumption under various scenarios.

Methodology: This study proposes a Mixed Integer Programming model for the one-to-one pickup and delivery problem, which is a variant of the vehicle routing problem.

Findings: The analyses show that using electric vehicles in short-haul freight transportation activities saves money and reduces emissions. Furthermore, to improve the sustainability performance even further, a cost analysis of a potential investment aimed at producing the electrical energy required for electric vehicles using solar panels is performed. Due to the low rate of return (on average 6 percent) on the investment in solar panels, the conclusion is that the investment in question is not financially appropriate.

Originality: In contrast to previous attempts, it is assumed that the vehicles to be used in distribution are electric and diesel vehicles, and sustainability indicators are evaluated under various scenarios. Furthermore, it is anticipated that working with the environmental benefit to be obtained as a result of the solar panel investment will contribute to the literature on sustainable logistics management.

Keywords: Sustainable Logistics, Short-Haul Freight Transportation, One-to-One Pickup and Delivery Problem, Heterogeneous Vehicles, Energy Consumption.

JEL Codes: C61, L91, R41.

¹ Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye, enestasdan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7414-0757.

² Arş. Gör., Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye, cemmenten@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0259-3770 (*Sorumlu Yazar-Corresponding Author*).

³ Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye, mehmetsoysal@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1570-660X.

⁴ Dr. Öğr. Üyesi, Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye, mcimen@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8155-9145.

DOI:

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 19.04.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date:

EXTENDED ABSTRACT

Logistics has become one of the most important sectors for national economies, contributing to economic growth and playing a key role in international competition. Freight transportation and distribution activities are among the vital components of logistics management and planning. Academic literature makes extensive use of green practices aimed at preventing environmental pollution and minimizing environmental damage in the field of freight transportation and logistics, as the impact of logistics activities on the environment and human health has become more sensitive in recent years. This study addresses a pickup and delivery problem, which is a variant of the vehicle routing problem. The problem includes pickup and delivery points, with goods/services being supplied at pickup locations and requested at delivery sites.

This study addresses a one-to-one pickup and delivery problem employing both diesel and electric vehicles. The study is first to address this type of heterogeneity of the vehicle fleet for one-to-one pickup and delivery problems. For this problem, a Mixed Integer Programming (MIP) model is proposed, and the MIP model is utilized to analyze CO₂ emissions and fuel consumption in distribution activities under various scenarios. The objective of this study is to demonstrate the applicability of the proposed model and benefits to be gained from its use by taking important factors such as emission release and fuel consumption into account, as well as to explore various pickup and delivery scenarios involving heterogeneous vehicles powered by diesel and electric engines. In practice, it is anticipated that the use of suggested model has potential to lower distribution costs and emissions. Consequently, it is expected that productivity of logistics operations will improve.

In this study, a MIP model for the one-to-one pickup and delivery problem was suggested and studied. The MIP model is utilized to evaluate emission and fuel consumption indicators generated by transportation-related activities under different scenarios. In the first step of computational analysis, a routing problem with one warehouse, one artificial warehouse, and pickup and delivery points is solved. Then, we do a sensitivity analysis to determine how changing the parameters of the initial problem affects the optimal solution and distribution plan. To achieve this objective, we use the initial problem as the main scenario and alter the vehicle capacities, fuel costs, the maximum distance an electric vehicle can travel, and the locations/orders for pickup and delivery points.

We compare fuel costs and emission levels in various sustainability scenarios, and we develop distribution plans that incorporate the usage of electric motor vehicles for short-distance freight transport. We evaluate emission scores and fuel costs in multiple scenarios involving the use of vehicles with diesel engines, electric engines, and a combination of diesel and electric engines. The fleet with four electric motors is the least expensive and emits the least amount of carbon dioxide. Under the sustainability scenarios, a breakeven analysis is also performed based on the cost of solar panel construction to see if the required electrical energy generation will be less expensive. According to the break-even analysis, this possible investment in solar panels will yield a return in around thirteen years. The estimated average rate of return on this investment is 6%. Within the framework of returns to scale, the scale will increase as more solar panels are constructed to generate more electricity, and the internal rates of return will reach much higher values as this growth leads to a higher proportional increase in returns.

The findings demonstrate that the use of electric cars for short-distance freight transportation yields less expensive and more environmentally friendly results. Moreover, due to the poor rate of return on the investment in solar panels that would give the necessary electricity, it is concluded that this investment is not financially viable. A shortcoming of the study could be that the proposed mathematical model requires large computation time and memory when used to realistically large-scale problems. Developing a heuristic for solving large-scale problems is, accordingly, a sound future research direction. Consideration can also be given to other scenarios in which electric car batteries can be charged and vehicles can travel longer distances.

1. GİRİŞ

Lojistik, ekonomik büyümeye katkı sağlaması ve uluslararası rekabette kilit rol oynaması bakımından ülke ekonomileri için en önemli sektörlerinden biri hâline gelmiştir. Lojistik, müşterilerin talep ve ihtiyaçlarını karşılamak adına mal ve hizmetlerin başlangıç noktasından tüketimin gerçekleştirildiği varış noktasına ulaştırılmasıdır (Li, 2014). Lojistik faaliyetlerinin temel amacı genel olarak, doğru ürünün, doğru zamanda, doğru yere ulaştırılmasıdır. Bu doğrultuda verilen kararların, belirlenen performans kriterleri bakımından (minimum maliyet, minimum CO₂ salınımı, maksimum kar, vb.), belirli bir kısıt kümesinin altında (araç kapasitelerinin aşılmaması, müşteri taleplerinin karşılanması, zaman pencerelerinin göz önünde bulundurulması vb.) en iyi düzeye getirilmesi sağlanmaktadır (Ghiani ve diğerleri, 2004). Firmalar, lojistik yönetim süreçlerini etkin bir şekilde planlayabildikleri takdirde, lojistik faaliyetlerinde rekabet avantajı elde edebilmektedir (Chopra ve Meindl, 2013).

Yük taşımacılığı ve nakliye faaliyetleri, lojistik yönetimi ve planlaması operasyonlarının en önemli bileşenlerinden biridir. Tekerleğin icadı ile birlikte başladığı varsayılabilecek yük taşımacılığı, günümüzde kara, hava ve deniz gibi farklı ulaşım araçları ile gerçekleştirilmektedir. Önemi gün geçtikçe artan sürdürülebilirlik konusu yük taşımacılığı ve lojistik alanında dikkat çekmektedir (Franceschetti ve diğerleri, 2013). İşletmelerin, yürüttükleri lojistik operasyonların olumsuz çevresel dışsallıkları düşündüğünde, kendilerini sorumlu hissederek daha çevre ve toplum duyarlı hareket etmeleri zorunluluğu doğmuştur. Lojistik faaliyetlerin gün geçtikçe çevreye ve insan sağlığına daha duyarlı hâle gelmesinin de etkisi akademik literatürde yük taşımacılığı ve lojistik alanında çevresel kirliliğin önüne geçmeyi ve çevreye verilen zararı azaltmayı hedefleyen yeşil uygulamalar oldukça ilgi uyandırıcı hâle gelmiştir (Demir ve Van Woensel, 2013; Zhu ve diğerleri, 2014; Soysal ve diğerleri, 2017). Bu uygulamalara, taşımacılık faaliyetlerinde kullanılan araçların emisyon salınımı değerlerinin azaltılması, dizel yakıtlardaki kükürt oranının düşürülmesi ve alternatif enerji kaynaklarının kullanımının özendirilmesi örnek olarak verilebilir (Rushton ve diğerleri, 2010).

Sürdürülebilir lojistik çerçevesinde, çeşitli ekonomik kaygıların (ör. kar maksimizasyonu, zamanında teslimat vb.) yanı sıra, çevresel (ör. hava kirliliği, sera gazları, gürültü kirliliği, arazi kullanımı, enerji kullanımı/enerji verimliliği, ambalajlama veya taşımacılık faaliyetlerinde atık yönetimi, yenilenebilir enerji kullanımı vb.) ve sosyal (ör. erişilebilirlik, istihdam düzeyi ve koşulları, güvenlik ve sağlıkla ilgili olaylar vb.) çıktılar ile de ilgilenilmektedir. Lojistik faaliyetlerin sürdürülebilirlik performansını değerlendirebilmek adına lojistik yönetimi literatüründe sera gazı emisyonları ve enerji kullanımı temel performans göstergeleri olarak ele alınmaktadır (Soysal ve diğerleri, 2018).

Yük taşımacılığı faaliyetlerinde sera gazı emisyonlarını ve ilgili maliyetleri düşürmek için kullanılan başlıca yaklaşımlardan birisi, elektrikli araçların kullanımınıdır (örn. Jabali ve diğerleri, 2012; Demir ve Van Woensel, 2013; Franceschetti ve diğerleri, 2013; Pelletier ve diğerleri, 2014; Taefi ve diğerleri, 2017; Soysal ve diğerleri, 2018). İhtiyaç duyulan elektriğin yenilenebilir enerji kaynaklarından (rüzgâr, güneş, jeotermal, hidrolik, dalga ve biyokütle) elde edilmesi sürdürülebilirliğe potansiyel olarak ek katkılar sağlayabilir.

İlk olarak Dantzig ve Ramser tarafından 1959'da ortaya atılan Araç Rotalama Problemi (ARP), belirli bir müşteri grubuna hizmet etmek için bir araç filosu tarafından gerçekleştirilecek en uygun rota setinin belirlenmesini gerektiren optimizasyon problemlerinden biridir (Toth ve Vigo, 2002). Ortaya atıldığından bu yana ARP akademik literatürde giderek popüler hale gelmiştir. Klasik ARP, gerçek yaşam problemlerini çözebilmek adına birçok yönden genişletilerek çok farklı türleri ortaya konmuştur (Braekers ve diğerleri, 2016). Bu çalışmanın da konusunu oluşturan Toplama ve Dağıtım Problemi (Pickup and Delivery Problem) aynı zamanda Araç Rotalama Problemi'nin (Vehicle Routing Problem) alt türlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Savelsbergh ve Sol, 1995). Toplama ve Dağıtım Problemi'nin varyantlarının yabancı ve yerli literatürde birçok çalışmada yer aldığı görülmektedir (Keçeci ve diğerleri, 2015; Yazgan ve Büyükyılmaz, 2017; Naccache ve diğerleri, 2018; Atasagun ve Karaoğlan, 2019; Aydoğdu ve Özyörük, 2020; Belgin ve diğerleri, 2021; Park ve diğerleri, 2021; Sherif ve diğerleri, 2021; Cherkesly ve Gschwind, 2022). Toplama ve dağıtım noktalarından oluşan bu probleme göre, toplama noktaları mal/hizmet arz etmekte iken, dağıtım noktalarında mal/hizmet talep edilmektedir. Bununla birlikte, aktarma noktası barındırmamaktadır. Dağıtım faaliyetlerinde, araçlar seyahatlerine bir merkezi depodan başlamakta ve aynı depoda sonlandırmaktadır. Dağıtım planı çerçevesinde, araçlar her bir toplama (başlangıç) noktasından aldığı yükü ilgili dağıtım (varış) noktasına bırakmak zorundadır.

Bu çalışmanın temel amacı, birebir toplama ve dağıtım probleminde dizel ve elektrikli motora sahip heterojen araçların kullanıldığı farklı senaryoların incelenmesidir. Söz konusu senaryolarda, taşımacılık faaliyetlerinden kaynaklanan dağıtım maliyetleri ile emisyon salınım miktarları üzerinden değerlendirmelerde bulunmaktadır. Bununla birlikte, taşımacılık faaliyetlerinde kullanılan elektrikli motora sahip araçların ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin, kurulacak güneş panellerinden üretilmesi durumu bir senaryo üzerinde değerlendirilmektedir.

Çalışmanın bölümleri şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde, toplama ve dağıtım problemi üzerine yapılmış çalışmalar ile ilgili literatür taraması sunulmaktadır. Üçüncü bölümde, çalışmada üzerinde durulan birebir toplama ve dağıtım problemi tanımlanmakta ve problemin çözümü için matematiksel model önerilmekte ve tartışılmaktadır. Dördüncü bölümde, önerilen model için nümerik analizler sunulmaktadır. Sonuç bölümünde ise nümerik analizlerden elde edilen sonuçlara ilişkin genel değerlendirmeler ve yorumlar yer almaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu çalışmada ele alınan birebir toplama ve dağıtım problemi birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Bu doğrultuda, literatürde birebir toplama ve dağıtım problemini konu alan çalışmalar detaylı olarak incelenmiştir. Söz konusu çalışmalar kullanılan modeller, modellerin amaç fonksiyonları, dağıtım planında yer alan araçların tipleri ile sürdürülebilirlik kavramını ele alış biçimine göre detaylandırılmıştır. Tablo 1 ile birebir toplama ve dağıtım problemine ilişkin literatürdeki çeşitli çalışmalar sunulmaktadır.

Tablo 1’de görüldüğü üzere, ele alınan problemlerin çözümünde tercih edilen matematiksel model tipleri farklılaşmaktadır. İncelenen çalışmaların çoğunda tam sayılı ve karışık tam sayılı programlama modelleri tercih edilmiştir. Bununla birlikte sayısal çözüm yöntemi olarak Komşuluk Arama Algoritması, Tabu Araması Algoritması, Tavlama Benzetimi Algoritması ve Genetik Algoritma gibi sezgisel yaklaşımların da kullanıldığı gözlemlenmiştir.

İncelenen çalışmalarda sayısal çözüm için önerilen modellerde kullanılan amaç fonksiyonları değişiklik göstermektedir. Modellerin büyük bir bölümünde amaç fonksiyonu maliyetleri minimize etmek üzere oluşturulmuştur. Dikkate alınan maliyetler de sürücü maliyetleri, yakıt tüketim maliyetleri, zaman pencerelerinin varlığı durumunda bekleme maliyetleri ve ceza maliyetleri olmak üzere farklılaşmaktadır. Ek olarak, amaç fonksiyonunda katedilen mesafenin minimize edildiği çalışmalar da mevcuttur. Bunların yanı sıra, amaç fonksiyonunun maksimizasyon üzerine oluşturulduğu çalışmalar da görülmektedir.

Tablo 1’de sunulan çalışmalardan sürdürülebilirlik kavramının ele alındığı Soysal ve diğerleri (2018) ve Demir ve Van Woensel (2013) çalışmalarında çevreye verilen zararı ve karbon emisyonlarını en aza indirmek adına yakıt tüketim maliyetleri ile emisyon salınımlarının eş zamanlı olarak minimize edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, ele alınan problemlerde araç tipleri heterojen olmak ile birlikte bu araçların dizel motorlu olanlardan seçildiği, elektrik motorlu araçların tercih edilmediği görülmüştür.

Bu çalışmada, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak araç filosunun hem elektrikli hem de dizel araçları barındırdığı durum incelenmekte ve farklı senaryolar altında Karma Tamsayı Programlama modeli kullanılarak yakıt tüketimi ve emisyon salınımı açısından değerlendirmelerde bulunmaktadır.

3. PROBLEM TANIMI VE MATEMATİKSEL MODEL

Bu bölümde, ele alınan birebir toplama ve dağıtım problemi tanımlanmakta ve ilgili problemin çözümü için önerilen matematiksel model sunulmaktadır.

3.1. Problem Tanımı

Çalışmada incelenen problem; V düğümler kümesi, A yaylar kümesi olmak üzere, $G = \{V, A\}$ ağı üzerinde tanımlanmaktadır. Düğümler kümesi $V = \{P, D, \{0, 2n + 1\}\}$ şeklinde tanımlanmıştır. $P = \{1, \dots, n\}$ toplama noktaları kümesini, $D = \{n + 1, \dots, 2n\}$ toplama noktalarındaki her bir elemana karşılık gelen dağıtım noktaları kümesini, $\{0\}$ depoyu, $\{2n + 1\}$ ise tüm araçların rotalarının sonunda depoya dönmesi için depo ile aynı lokasyonda oluşturulan sanal bir düğümü (yapay depo olarak adlandırılacaktır) temsil etmektedir. $K = \{1, \dots, m\}$ araçlar kümesini ve Q_k , k aracının taşıyabileceği yük kapasitesini ifade etmektedir. Yaylar kümesi ise $A = \{(i, j): i = 0, j \in P \text{ veya } i, j \in P \cup D, i \neq j \text{ veya } i = n + j \text{ veya } i \in D, j = 2n + 1\}$ şeklinde tanımlanmaktadır (Cordeau ve diğerleri, 2008).

Birebir toplama ve dağıtım probleminde dağıtım faaliyetlerine konu olmuş her bir ürünün kendisine ait bir başlangıç ve varış noktasının olduğu kabul edilmektedir (Ayadi ve diğerleri, 2014). Tüm teslimat talepleri, i noktasının $n + i$ noktasından önce ziyaret edilmesini gerektiren kısıta (öncelik ilişkisi) ve bu noktaların her ikisi de aynı araç tarafından ziyaret edilmesini gerektiren kısıta (eşleşme ilişkisi) bağlı olarak gerçekleştirilmelidir. Düğümler kümesindeki her bir nokta ($i \in V$); $q_0 = q_{2n+1} = 0$ ve her bir toplama noktası için pozitif talep kısıtı $q_i > 0$ ($i \in P$) ve toplama noktalarına karşılık gelen her bir dağıtım noktası için negatif talep kısıtını $q_i = -q_i - n$ ($i \in D$) sağlayan q_i ile ifade edilen bir yük ile ilişkilendirilmektedir.

Tablo 1. Birebir toplama ve dağıtım problemi üzerine yapılan çalışmalar

<i>Çalışma</i>	<i>Model</i>	<i>Amaç Fonksiyonu</i>	<i>Araç Tipi</i>	<i>Sürdürülebilirlik</i>
Cordeau ve diğerleri (2008)	ve Tamsayılı Doğrusal Programlama, Dal Maliyet ve Kesme (Branch and Cut) Algoritması, Sezgiseller	Minimizasyonu	Homojen	–
Dumitrescu ve diğerleri (2010)	ve Tamsayılı Doğrusal Programlama, Dal Maliyet ve Kesme (Branch and Cut) Algoritması	Minimizasyonu	Homojen	–
Oncan ve diğerleri (2011)	ve Karışık Tamsayılı Doğrusal Programlama, Dal ve Kesme (Branch and Cut) Algoritması	Mesafe Minimizasyonu	Homojen	–
Demir ve Woensel (2013)	ve Karışık Tamsayılı Programlama	Doğrusal Yakıt Tüketimi ve Sürücü Maliyeti Minimizasyonu	Heterojen	Emisyon (Taşımadan Kaynaklı)
Mesa-Arango Ukkusuri (2013)	ve Karışık Tamsayılı Programlama, Dal ve Sınır (Branch and Bound) Algoritması	Doğrusal Maliyet Minimizasyonu	Homojen	–
Sahin ve diğerleri (2013)	Sezgiseller (Tabu Arama Search), Tavlama (Simulated Annealing)), Karışık Tamsayılı Doğrusal Programlama	(Tabu Arama Search), Tavlama Benzetimi Minimizasyonu	Homojen	–
Treleaven ve diğerleri (2013)	ve Polinom-Zaman /SPLICE Algoritması	Algoritmaları –	Homojen	–
Ayadi ve diğerleri (2014)	Dal ve Sınır (Branch and Bound) Algoritması	Servis Kalitesini Koruyarak Seyahat Süresi Minimizasyonu	Homojen	–
Guerriero ve diğerleri (2014)	ve Sezgiseller (Tabu Arama Search), Tavlama (Simulated Annealing), Genetik Algoritma (Genetic Algorithm))	(Tabu Sürücülerin Bekleme Sürelerinin Minimizasyonu)	Homojen	–
Iori ve Ledesma (2015)	Riera- Tamsayılı Doğrusal Programlama, Sezgiseller	Rotalama Maliyeti Minimizasyonu	Heterojen	–
Montero ve diğerleri (2017)	ve Tamsayılı Doğrusal Programlama, Sezgiseller	Maliyet Minimizasyonu	Homojen	–
Haddad ve diğerleri (2018)	ve Sezgiseller	Toplam Mesafe Minimizasyonu	Homojen	–
Soysal ve diğerleri (2018)	ve Karışık Tamsayılı Programlama	Doğrusal Toplam Teslimat Giderlerinin Minimizasyonu	Heterojen	Emisyon (Taşımadan Kaynaklı)
Factorovich ve diğerleri (2020)	ve Karışık Tamsayılı Programlama, Dal ve Kesme (Branch and Cut) Algoritması	Doğrusal Maliyet Minimizasyonu	Homojen	–
Castro ve diğerleri (2020)	ve Tamsayılı Doğrusal Programlama, Lagranj Dualitesi (İkiliği)	Mesafe Minimizasyonu	Homojen	–
Qi ve diğerleri (2020)	Karışık Tamsayılı Programlama, Sezgiseller (VND, VNS, MS_VND ve MS_VNS)	Doğrusal Kar Maksimizasyonu	Homojen	–
Xiong ve diğerleri (2020)	Tamsayılı Doğrusal Programlama, MS_VD Meta Sezgisel Algoritması	Fayda Maksimizasyonu	Homojen	–
Drexl (2021)	Sezgiseller (Komşuluk Arama Algoritması)	Maliyet Minimizasyonu	Heterojen	–
Graf (2021)	Sezgiseller	Mesafe Minimizasyonu	Homojen	–
Liu ve diğerleri (2021)	Genetik Algoritma (Genetic Algorithm)	Maliyet Minimizasyonu	Heterojen	–
Bu çalışma	Karışık Tamsayılı Programlama	Doğrusal Maliyet Minimizasyonu	Heterojen (Dizel ve elektrikli araçlar)	Enerji Kullanımı ve Emisyon (Taşımadan Kaynaklı)

Düğüm kümesinin elemanları arasındaki uzaklık, yaylar kümesinde yer alan her bir ikili için $((i, j) \in A)$ d_{ij} ile ifade edilmektedir. Araçların kat edebilecekleri maksimum mesafe ise $range_k$ ile temsil edilmektedir. Düğümler arasındaki yolculuk süresi, yaylar kümesinde yer alan her bir ikili için $((i, j) \in A)$ t_{ij} ile ifade edilmektedir. Düğümler kümesindeki her bir eleman $(i \in V)$ için o noktada harcanan, doldurma, boşaltma vb. işlemleri içeren süre h_i , hizmet süresini ifade etmektedir. Sürücü maaşları araçların lojistik ağındaki seyahat sürelerine göre belirlenmektedir.

Birebir toplama ve dağıtım probleminde yer alan X , araç rota üzerinde ise 1, değilse 0 değerini alan ikili bir değişken olarak tanımlanmaktadır ($X \in \{0,1\}$). Yapay depo haricinde aracın uğradığı tüm noktalardaki hizmete başladığı an ise Y değişkeni ile ifade edilmektedir. F değişkeni ile de aracın rota üzerindeki noktalar arasında taşınan yükün miktarı ifade edilmektedir. Son olarak, aracın yük dağıtımını tamamlayarak tekrar depoya dönüş yaparken harcadığı toplam süre ise S değişkeni ile ifade edilmektedir. Tanımlanan bu problem ile, yukarıdaki varsayımlara uyularak yakıt tüketim ve sürücü maliyetlerinin minimize edildiği dağıtım planının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

3.2. Birebir Toplama ve Dağıtım Problemi için Karışık Tam Sayılı Doğrusal Programlama Modeli

Bu bölümde, tanımlanan birebir toplama ve dağıtım problemini matematiksel olarak ifade edebilmek adına Karışık Tamsayı Doğrusal Programlama formülasyonu sunulmaktadır. Model için gerekli notasyon Tablo 2 ile verilmektedir.

Tablo 2. Parametreler ve Karar Değişkenleri

Sembol	Açıklama
P	Toplama noktaları kümesi, $P = \{1, \dots, n\}$
D	Dağıtım noktaları kümesi, $D = \{n + 1, \dots, 2n\}$
V	Tüm noktalar (düğümler) kümesi, $V = \{P \cup D \cup \{0, 2n + 1\}\}$
A	Noktalar arası tüm yollar (yaylar) kümesi, $A = \{(i, j) : i = 0, j \in P \text{ veya } i, j \in P \cup D, i \neq j \text{ ve } i \neq n + j \text{ veya } i \in D, j = 2n + 1\}$
K	Taşıma faaliyetleri için kullanılabilir araçlar kümesi, $K = \{1, \dots, m\}$
q_i	$i \in P$ toplama noktasından alınıp $i + n \in D$ dağıtım noktasına taşınacak ürün miktarı (kg)
Q_k	$k \in K$ aracının kapasitesi (kg)
t_{ij}	$(i, j) \in A$ yolunun seyahat süresi (dk)
h_i	$i \in V$ noktasındaki hizmet süresi (dk)
M	Büyük bir sayı
f_k	k aracının km başına yakıt tüketim maliyeti (TL/km)
$range_k$	k aracının katedebileceği maksimum yol uzunluğu (km)
d_{ij}	Mesafe (km)
$wage$	Dakika başına sürücü maaşı (TL/dk)
X_{ijk}	$k \in K$ aracı $(i, j) \in A$ yolunda seyahat ediyor ise 1, etmiyor ise 0 değerini alan ikili değişken
Y_{ik}	$k \in K$ aracının i noktasından $i \in V \setminus \{2n + 1\}$ hizmete başladığı an (dakika)
F_{ijk}	$k \in K$ aracının $(i, j) \in A$ yolunda taşıdığı yük miktarı (kilogram)
S_{ik}	$k \in K$ aracı dağıtım noktasına $i \in D$ ulaştıktan sonra depoya döndüğü rota üzerinde harcadığı toplam zaman (dakika)

Bu çalışmada ele alınan birebir toplama ve dağıtım problemi modeli Soysal ve diğerleri (2018)'de geliştirilen matematiksel model adapte edilerek geliştirilmiştir. Model, Soysal ve diğerleri (2018) tarafından önerilen modele göre farklı bir amaç fonksiyonu içermekte ve araçların maksimum yol alabileceği mesafeyi dikkate almaktadır. Önerilen matematiksel modelin formülasyonu amaç fonksiyonundan (Eşitlik 1) başlayarak aşağıda sunulmuştur:

Minimize (En küçük):

$$\sum_{j \in D} \sum_{k \in K} s_{j,k} wage + \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} X_{i,j,k} d_{i,j} f_k \quad (1)$$

Eşitlik 1'de sunulan amaç fonksiyonu ile sürücü ve yakıt tüketim maliyetleri minimize edilmektedir. Amaç fonksiyonu, aşağıdaki kısıt kümesi dikkate alınarak eniyilenecektir.

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in V: (i,j) \in A} X_{i,j,k} = 1, \quad \forall i \in P \quad (2)$$

$$\sum_{i \in P} X_{0,i,k} = \sum_{i \in D} X_{i,2n+1,k} = 1, \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{j \in V: (i,j) \in A} X_{i,j,k} - \sum_{j \in V: (n+i,j) \in A} X_{n+i,j,k} = 0, \quad \forall i \in P, k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{j \in V: (j,i) \in A} X_{j,i,k} - \sum_{j \in V: (i,j) \in A} X_{i,j,k} = 0, \quad \forall i \in P \cup D, k \in K \quad (5)$$

$$Y_{i,k} \leq Y_{i+n,k}, \quad \forall i \in P, k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in V: (j,i) \in A} F_{j,i,k} - \sum_{k \in K} \sum_{j \in V: (i,j) \in A} F_{i,j,k} = -q_i, \quad \forall i \in P \quad (7)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in V: (j,i) \in A} F_{j,i,k} - \sum_{k \in K} \sum_{j \in V: (i,j) \in A} F_{i,j,k} = q_{i-n}, \quad \forall i \in D \quad (8)$$

$$F_{i,j,k} - Q_k X_{i,j,k} \leq 0, \quad \forall (i,j) \in A, k \in K \quad (9)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in P} F_{0,i,k} = 0 \quad (10)$$

$$Y_{i,k} - Y_{j,k} + h_i + t_{i,j} \leq M(1 - X_{i,j,k}), \quad \forall i, j \in V \setminus \{2n+1\}; (i,j) \in A, k \in K \quad (11)$$

$$Y_{j,k} + h_j - S_{j,k} + t_{j,2n+1} \leq M(1 - X_{j,2n+1,k}), \quad \forall j \in D, k \in K \quad (12)$$

$$\sum_{(i,j) \in A} X_{i,j,k} d_{i,j} \leq range_k, \quad \forall k \in K \quad (13)$$

$$X_{i,j,k} \in \{0,1\}, \quad \forall (i,j) \in A, k \in K \quad (14)$$

$$Y_{i,k} \geq 0, \quad \forall i \in V \setminus \{2n+1\}, k \in K \quad (15)$$

$$F_{i,j,k} \geq 0, \quad \forall (i,j) \in A, k \in K \quad (16)$$

$$S_{i,k} \geq 0, \quad \forall i \in D, k \in K \quad (17)$$

Eşitlik 2-4 ile numaralandırılmış kısıtlar ile her bir toplama noktasına aynı aracın sadece bir kez uğraması sağlanmaktadır. Eşitlik 3-5 numaralı kısıtlar, her bir aracın rotasının depodan başlayıp depoda bitirilmesini garanti eden kısıtlardır. Eşitlik 6'da verilen kısıt, k aracını depodan ayrılır ayrılmaz öncelikle toplama noktasına uğramaya zorlamaktadır.

Eşitlik 7 ve 8 ile numaralandırılmış kısıtlar, toplama ve dağıtım noktalarındaki akışın korunumu sağlamaktadır. Eşitlik 7'de verilen kısıt ile toplama noktalarındaki arzın ve Eşitlik 8'de verilen kısıt ile de dağıtım noktalarındaki talebin doğru bir şekilde karşılanması sağlanmaktadır. Eşitlik 9'da verilen kısıt ile k aracı için araç kapasitesinin aşılmaması sağlanmaktadır. Eşitlik 10 ile verilen kısıt kümesi, k aracı depodan harekete başlarken herhangi bir yük taşımadığını, boş olduğunu belirtmektedir.

Eşitlik 11 ve 12 ile numaralandırılmış kısıt kümeleri, k aracı için rotadaki toplama ve dağıtım noktalarının ziyaret edildiği zamanlar, noktalar arası seyahat süreleri ve bu noktalardaki hizmet süreleri göz önünde bulundurularak oluşturulan zaman kısıtlarıdır. Büyük M değeri ile çok büyük bir sayı ifade edilmekte ve kısıtın sağ tarafı için yüksek bir sayısal değere ulaşılması hedeflenmektedir. Eşitlik 13'te verilen kısıt ile k aracı için önceden belirlenmiş kilometre limitinin aşılamayacağı gösterilmektedir. Son olarak, Eşitlik 14-17 ile verilen kısıtlar karar değişkenlerine uygulanan sınırlamaları ifade etmektedir.

4. NÜMERİK ANALİZLER

Bu bölümde ele alınan nümerik analizler ile çalışma kapsamında önerilen modelin uygulanabilirliğini ortaya koyabilmek, kullanımından sağlanacak faydaları sunabilmek ve farklı senaryolar altında dağıtım faaliyetlerinden kaynaklanan emisyon salınımı ve yakıt tüketimi göstergeleri üzerinden değerlendirmelerde bulunabilmek amaçlanmıştır. Çalışmada ele alınan birebir toplama ve dağıtım problemi üzerine önerilen matematiksel model IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 12.6.1 optimizasyon paketi ile çözülmüştür. Optimal çözümler, 8 GB belleğe ve 64 bit işletim sistemine sahip, Intel Core i5-3210M 2,50 GHz işlemcili bir bilgisayardan elde edilmiştir.

4.1. Örnek Problem ve Çözümü

Nümerik analizler çerçevesinde, öncelikle örnek bir problem oluşturulup çözülmüştür. Ardından elde edilen çözümler ile ilgili performans göstergeleri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

4.1.1. Örnek Problem ve Kullanılan Veri Setinin Tanıtılması

Çalışma kapsamında ele alınan örnek problem, Southampton Üniversitesi bünyesindeki "The Pollution-Routing Problem Instance Library" adlı kütüphaneden elde edilmiştir (PRP Kütüphanesi, 2020). Problemin çözümü için kurulan matematiksel modelde yer alan parametrelerin değerleri, birimleri ve kaynakları Tablo A1'de verilmektedir.

Örnek problemde, deponun temsil edildiği bir nokta, yedi adet toplama noktası ($P = \{P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7\}$), 7 adet dağıtım noktası ($D = \{D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7\}$) ve seyahatin

tamamlanabilmesi adına depoya geri dönüldüğünü temsil eden bir yapay depo noktası bulunmaktadır. Problem kapsamında, yükler hangi sıradaki toplama noktasından alındıysa aynı sıradaki dağıtım noktasına teslim edilmektedir. $P1$ toplama noktasından alınacak yük, $D1$ dağıtım noktasına teslim edilmelidir ($P1 - D1$). Bu doğrultuda, oluşacak diğer teslimat ilişkileri ($P2 - D2$), ($P3 - D3$), ($P4 - D4$), ($P5 - D5$), ($P6 - D6$) ve ($P7 - D7$) şeklinde olmak durumundadır. Depo, toplama noktaları, dağıtım noktaları ve yapay depo tüm noktalar kümesini oluşturmaktadır ($V = \{Depo, P, D, Yapay\ Depo\}$).

Toplama ve dağıtım faaliyetlerini gerçekleştirmek üzere problemde iki adet aracın ($K1$ ve $K2$) bulunduğu varsayılmıştır. Söz konusu araçlar hareketlerine depodan başlamak şartıyla toplama ve dağıtım noktaları arasında seyahat edebilmektedir. Bu araçlardan ilki ($K1$) yük taşımacılığına elverişli dizel bir motora sahip iken, ikincisi ($K2$) ise elektrikli bir motora sahiptir. 10 kWsa kapasiteye sahip sekiz adet 6V & Alke ATX 320E modeli (Alke, 2020) dağıtım faaliyetlerinde kullanılacak elektrik motorlu araç olarak belirlenmiştir (Tablo A1).

Her bir toplama noktasından alınarak ilgili dağıtım noktalarına taşınacak yük miktarları Tablo 3'te verilmektedir. Tüm noktalar için belirlenmiş hizmet süreleri ise Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 3. Toplama noktaları kümesi için yük miktarları (kg)

P	$P1$	$P2$	$P3$	$P4$	$P5$	$P6$	$P7$
Yük (kg)	200	400	500	350	450	550	150

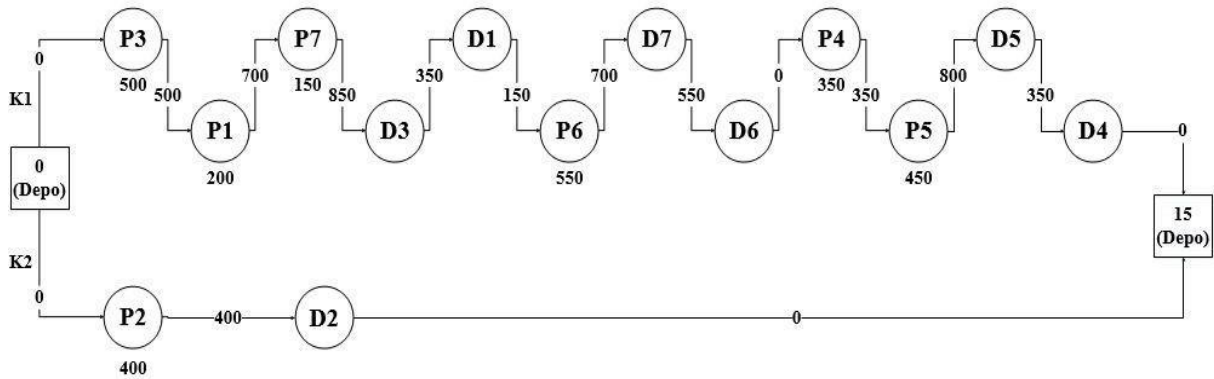
Tablo 4. Tüm noktalar kümesindeki her bir nokta için hizmet süreleri (dk)

V	Depo	$P1$	$P2$	$P3$	$P4$	$P5$	$P6$	$P7$	$D1$	$D2$	$D3$	$D4$	$D5$	$D6$	$D7$	Yapay Depo
Hizmet Süresi (dk)	0	5,9	13,2	23,1	11,5	26,1	26,7	20,3	7,2	11,5	24,9	15,7	3,4	16,2	13,6	20,9

Tüm noktalar arası mesafeler (d_{ij}) Tablo A2'de sunulmaktadır. Araç seyahat hızının ortalama 80 km/sa olduğu varsayımı altında, noktalar arası mesafelerin de ortalama araç seyahat hızına bölünmesi ile seyahat süreleri (t_{ij}) hesaplanmıştır (Tablo A3).

4.1.2. Örnek Problem Sonuçları

Örnek problemin optimal çözümü yaklaşık olarak 1 saat 12 dakikada elde edilmiştir. Elde edilen çözümde sürücü maliyeti 450,05 TL ve yakıt maliyeti 550,52 TL olmak üzere toplam maliyet 1000,57 TL olarak belirlenmiştir. Şekil 1'de araçların taşıdıkları yük miktarları ve izledikleri rota verilmektedir.



Şekil 1. Örnek problem için K1 (dizel) ve K2 (elektrikli) araçlarının izlediği rota ve taşıdıkları yük miktarları

Dizel motora sahip birinci araç ($K1$) için kat edilen mesafe 541,37 km iken, seyahat süresi 601,02 dakikadır. Elektrikli motorlu ikinci araç ($K2$) ise 299,07 dakikada 365,79 km seyahat etmiştir. $K1$ aracı 6 adet toplama-dağıtım noktası çifti ($i-j$) için, $K2$ aracı ise 1 adet toplama-dağıtım noktası çifti ($i-j$) için hizmet vermiştir. Tablo 5'te $K1$ ve $K2$ araçlarının rotası, hangi noktalarda (yayda) ne kadar yük taşıdığı ve j noktasına varış süreleri sunulmaktadır.

Tablo 5. K1 (dizel) ve K2 (elektrikli) aracının rotası, taşıdığı yük miktarı, j noktasına varış zamanı ve seyahat ettiği yol

Araçlar	<i-j>	Yük (kg)	j noktasına varış zamanı (dk)	Seyahat edilen yol (km)
K1	<Depo-P3>	0	68,58	91,44
	<P3-P1>	500	169,4	195,07
	<P1-P7>	700	186,79	210,35
	<P7-D3>	850	213,77	219,26
	<D3-D1>	350	258,32	245,41
	<D1-P6>	150	271,53	253,42
	<P6-D7>	700	313,74	274,02
	<D7-D6>	550	353,16	308,35
	<D6-P4>	-	377,09	318,66
	<P4-P5>	350	405,93	341,73
	<P5-D5>	800	476,85	401,41
	<D5-D4>	350	531,83	470,13
	<D4-Yapay Depo>	-	601,02	541,37
K2	<Depo-P2>	0	69,56	92,75
	<P2-D2>	400	186,09	230,48
	<D2-Yapay Depo>	-	299,07	365,79

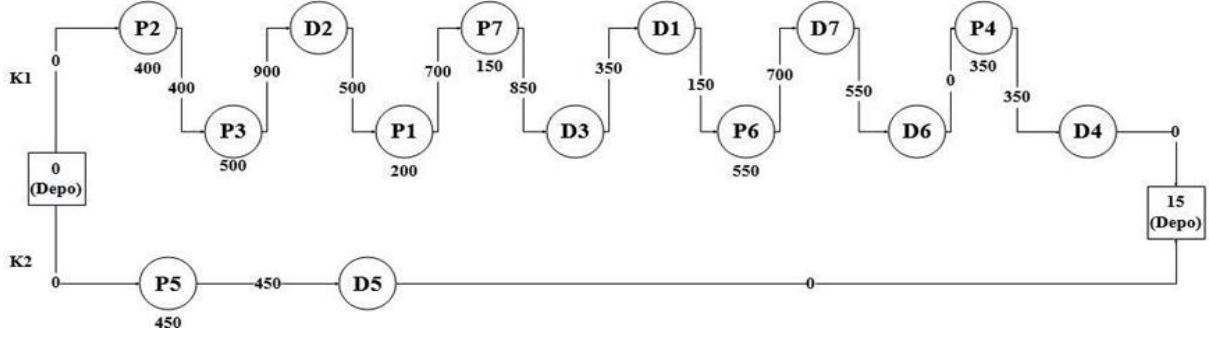
4.2. Duyarlılık Analizleri

Duyarlılık analizleri kapsamında, ele alınan modelde yer alan temel parametre değerleri (aracın kapasitesi, yakıt maliyeti, aracın kat edebileceği maksimum yol ve toplama-dağıtım noktaları) üzerinde değişimler yapılarak, bu değişimlerin temel performans göstergeleri ve dağıtım planı üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, önceki bölümde sunulan örnek problem ana senaryo olarak kabul edilmiş ve modeldeki ilgili temel parametreler üzerinde değişimlerin yapıldığı 8 farklı senaryo oluşturulmuştur.

Araç kapasitesi parametrelerindeki yapılacak değişiklikler üzerine oluşturulan birinci ve ikinci senaryolardan ilkinde (C1), araç kapasitesi hem dizel hem de elektrikli araç için yarıya düşürülerek problem çözülmüştür. İkinci senaryoda (C2) ise araç kapasitesi 1,5 katına çıkarılmıştır. Örnek problemin optimal çözümü ile karşılaştırıldığında, C1'de sürücü ve yakıt maliyetlerinin arttığı görülürken, C2'de ise sürücü ve yakıt maliyetlerinin düştüğü görülmüştür. Aynı şekilde, C1'de CO₂ emisyon salınımı değeri artarken, C2'de düşmüştür.

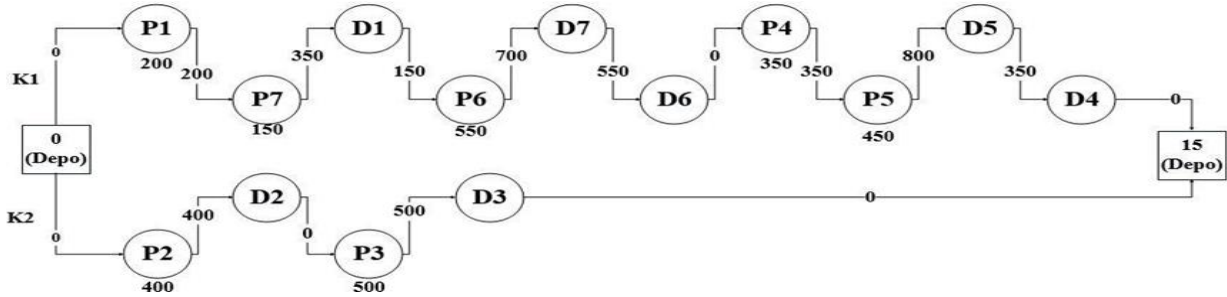
Üçüncü (F1) ve dördüncü (F2) senaryolarda ise yakıt maliyeti parametresindeki değişimlerin etkisi incelenmiştir. Söz konusu senaryolardan ilkinde (F1), yakıt maliyeti yarıya düşürülerek problem çözülmüştür. Bu modelin çözümü ile örnek problemdeki karşılaştırıldığında, yakıt maliyeti değeri örnek problemdeki değerin yarısı kadar hesaplanırken, yakıt maliyeti dışındaki amaç fonksiyonu değerlerinin, araçların kat ettikleri yolun ve dağıtım planının birebir aynı kaldığı gözlenmiştir. Benzer şekilde, yakıt maliyeti parametresinin 1,5 katına çıkarıldığı varsayılan dördüncü senaryoda (F2) örnek problem ile yalnızca yakıt tüketimi açısından farklılık göstererek yakıt maliyetinin 1,5 kat arttığı, dağıtım planı ve diğer amaç fonksiyonu değerlerinin değişmediği sonucuna ulaşılmıştır.

Rotalar ve amaç fonksiyonu değerleri üzerindeki etkisini incelemek adına, elektrikli motora sahip araçlar için araçların katedebilecekleri maksimum yol parametresi üzerinde değişimlerin yapıldığı beşinci (R1) ve altıncı (R2) senaryolar kurulmuştur. Bunlardan ilkinde (R1), 2 numaralı aracın örnek problemde maksimum alabileceği yol 400 km'den 300 km'ye düşürülerek problem çözülmüştür. İkinci araç için katedilebilecek maksimum yol parametresindeki değişiklik ile örnek problemin çözümüne göre farklı rotalar oluşmuş, sürücü ve yakıt maliyetlerinin her ikisinin de arttığı görülmüştür. Ek olarak, ana senaryoya göre CO₂ salınım değerinde de artış görülmüştür. Araçlar için noktalar arası yük miktarı ve izlenen rota Şekil 2'de verilmektedir.



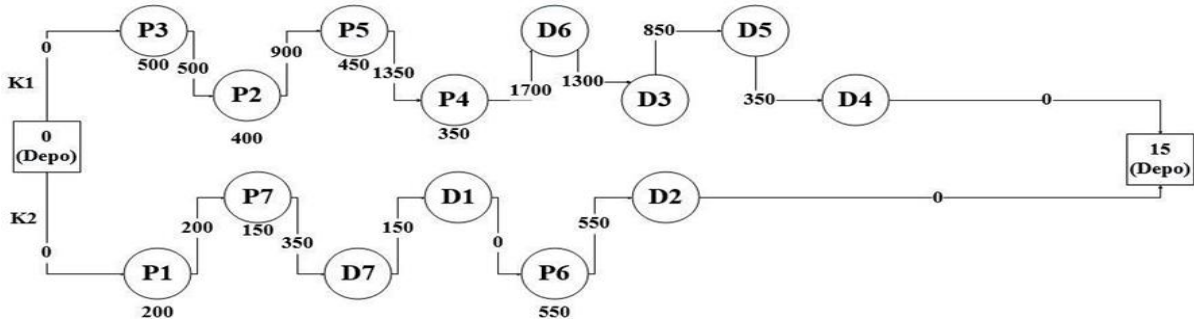
Şekil 2. R1'e göre K₁ (dizel) ve K₂ (elektrikli) araçlarının izledikleri rota ve taşıdıkları yük miktarları

Elektrikli motora sahip 2 numaralı aracın katedebileceği maksimum yolun 400 km'den 600 km'ye çıkarılması ile oluşturulan altıncı senaryonun (R2) çözümünde, örnek probleme göre sürücü maliyetinin arttığı, yakıt maliyetinin ve CO₂ salınım değerinin ise azaldığı gözlemlenmiştir. Altıncı senaryonun çözümü ile elde edilen dağıtım planındaki araç rotaları ve noktalar arasındaki yük miktarları Şekil 3'te gösterilmektedir.



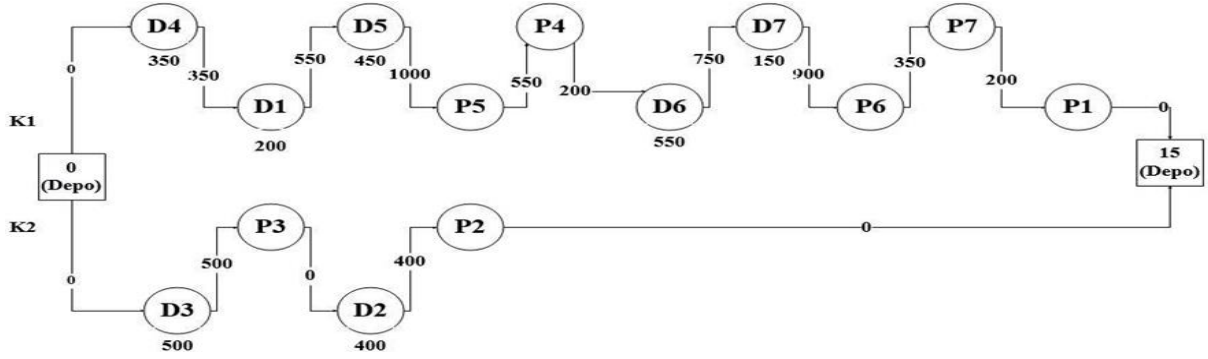
Şekil 3. R2'ye göre K₁ (dizel) ve K₂ (elektrikli) araçlarının izledikleri rota ve taşıdıkları yük miktarları

Son olarak, oluşturulan yedinci (PD1) ve sekizinci (PD2) senaryolarda toplama ve dağıtım noktalarında yapılacak değişikliklerin amaç fonksiyonu değerleri ve rotalar üzerindeki etkisi incelenmiştir. PD1'de dağıtım noktaları ardışık olarak tersten sıralanarak toplama noktaları ile eşleştirilmiştir. Örnek problemdeki toplama ve dağıtım noktalarındaki ikili eşleşmeler (P1-D1) (P2-D2) (P3-D3) (P4-D4) (P5-D5) (P6-D6) (P7-D7) şeklinde iken, bu senaryoda noktalar arasındaki eşleşmeler (P1-D7) (P2-D6) (P3-D5) (P4-D4) (P5-D3) (P6-D2) (P7-D1) şeklindedir. Örnek problemin optimal çözümündeki skorlar ile kıyaslandığında, yedinci senaryoda (PD1) CO₂ emisyon salınımı değerinin, sürücü ve yakıt maliyetlerinin arttığı görülmüştür. Şekil 4'te araçların noktalar arası taşıdıkları yük miktarı ve izledikleri rota sunulmaktadır.



Şekil 4. PD₁'e göre K₁ (dizel) ve K₂ (elektrikli) araçlarının izledikleri rota ve taşıdıkları yük miktarları

Oluşturulan sekizinci senaryoda (PD2) ise, toplama noktaları ile dağıtım noktaları yer değiştirilerek çözülmüştür. Örnek problemdeki eşleştirmelerden farklı olarak, bu senaryoda dağıtım ve toplama noktaları ikili olarak (D1-P1) (D2-P2) (D3-P3) (D4-P4) (D5-P5) (D6-P6) (D7-P7) şeklinde eşleştirilmiştir. Örnek problemde toplama noktası olan noktaların dağıtım noktası, dağıtım noktası olanların da toplama noktası olarak tasarlandığı bu senaryoda, sürücü maliyetlerinin, yakıt tüketiminin ve emisyon salınım değerlerinin düştüğü görülmüştür. Araçların izleyecekleri rota ve taşınan yük miktarları Şekil 5'te verilmektedir. Tablo 6 ile oluşturulan tüm senaryolar ve elde edilen optimal çözümler sunulmaktadır.



Şekil 5. PD₂'ye göre K1 (dizel) ve K2 (elektrikli) araçlarının izledikleri rota ve taşıdıkları yük miktarları

Tablo 6. Senaryolar, araçların izledikleri rota, sürücü maliyeti, yakıt maliyeti, toplam maliyet, CO₂ emisyon değerleri ve örnek senaryoya kıyasla maliyet ve emisyon değerleri farkı

Senaryo	Araç	Rota	SM (TL)	YM (TL)	TM (TL)	CO ₂ (Kg)	MF (%)	EF (%)	RD	ÇS (dk)
Örnek Problem	K1	D-P3-P1-P7-D3-D1-P6-D7-D6-P4-P5-D5-D4-YD	450,05	550,52	1000,57	231,04	-	-	-	72
	K2	D-P2-D2-YD								
C1 (Yarı Kapasite)	K1	D-P2-P3-D2-P1-D3-P6-D1-D6-P4-P5-D5-D4-YD	460,46	689,25	1149,71	279,06	14,91	20,78	✓	38
	K2	D-P7-D7-YD								
C2 (1,5 Katı Kapasite)	K1	D-P2-P3-D2-D3-YD	447,53	514,91	962,44	218,73	-3,81	-5,33	✓	57
	K2	D-P1-P7-D1-P6-D7-D6-P4-P5-D5-D4-YD								
F1 (Yarı Yakıt Maliyeti)	K1	D-P3-P1-P7-D3-D1-P6-D7-D6-P4-P5-D5-D4-YD	450,05	275,26	725,31	231,04	-27,51	0		441
	K2	D-P2-D2-YD								
F2 (1,5 Katı Yakıt Maliyeti)	K1	D-P3-P1-P7-D3-D1-P6-D7-D6-P4-P5-D5-D4-YD	450,05	825,78	1275,83	231,04	27,51	0		11
	K2	D-P2-D2-YD								
R1 (300 km Maksimum Yol)	K1	D-P2-P3-D2-P1-P7-D3-D1-P6-D7-D6-P4-D4-YD	457,66	659,71	1117,37	268,75	11,67	16,32	✓	69
	K2	D-P5-D5-YD								
R2 (600 km Maksimum Yol)	K1	D-P1-P7-D1-P6-D7-D6-P4-P5-D5-D4-YD	462,31	409,01	871,32	185,16	-12,92	-19,86	✓	28
	K2	D-P2-D2-P3-D3-YD								
PD1 (Dağıtım Noktaları)	K1	D-P3-P2-P5-P4-D6-D3-D5-D4-YD	466,33	581,67	1048	243,71	4,74	5,48	✓	113
	K2	D-P1-P7-D1-D7-P6-D2-YD								
PD2 (Toplama Noktaları)	K1	D-D4-D1-D5-P5-P4-D6-D7-P6-P7-P1-YD	428,82	431,72	860,54	184,79	-14	-20,02	✓	40
	K2	D-D3-P3-D2-P2-YD								

D: Depo, YD: Yapay Depo, SM: Sürücü Maliyeti, YM: Yakıt Maliyeti, TM: Toplam Maliyet, CO₂: Karbondioksit Eşdeğer Emisyon, MF: Maliyet Farkı, EF: Emisyon Farkı, RD: Rota Değişikliği, ÇS: Çözüm Süresi

Tablo 6'ya göre, 8 farklı senaryoda elde edilen rotalar ile ana senaryo olarak varsayılan örnek problemdeki rotalar karşılaştırıldığında, 6 adet senaryoda dağıtım planlarının değiştiği ve toplamda ise 6

farklı dağıtım planı olduğu gözlemlenmiştir. Oluşturulan söz konusu senaryoların optimal çözümleri ile örnek problemdeki karşılaştırıldığında amaç fonksiyonu değerlerinde de değişimler olduğu görülmüştür. Bu değişimler, bazı senaryolarda farklı dağıtım planlarının oluşması ve araçların farklı mesafelerde seyahat etmesinden kaynaklanırken, bazı senaryolarda ise (F1 ve F2) dağıtım planları sabit kalarak sadece yakıt tüketimi parametresinde yapılan değişikliklerden kaynaklanmıştır. Ana senaryonun optimal çözümündeki toplam maliyetten %27,51 oranında daha düşük değere sahip üçüncü senaryo (F1) en düşük maliyetli senaryo olurken, %27,51 oranında daha yüksek değer alan dördüncü senaryo (F2) maliyeti en yüksek senaryo olmuştur. Örnek problemin çözümü ile kıyaslandığında, CO₂ emisyonu salınımının en fazla olduğu senaryo %20,78 oranında daha yüksek değere sahip ilk (C1) senaryo iken, en düşük salınıma sahip senaryo ise %20,02 daha az değerle sekizinci senaryo (PD2) olmuştur.

4.3. Sürdürülebilirlik Üzerine Senaryo Analizleri

Bu bölümde, lojistik ağında içinde elektrikli araçların da olduğu araçların tipleri ve sayıları değiştirilerek farklı senaryolar oluşturulmuştur. Sürdürülebilir yük taşımacılığı açısından, her bir senaryo için emisyon değerleri ile yakıt maliyetleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte, elektrikli araçlar için gerekli enerjinin güneş panelleri ile sağlandığı bir varsayım üzerinden karşılaştırmalı maliyet analizi gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. Farklı Senaryolarda Yakıt Maliyeti ve Emisyon Karşılaştırılması

Sürdürülebilir yük taşımacılığı kapsamında, lojistik ağı içinde farklı sayılarda dizel ve elektrik motorlu araçların kullanıldığı (dolayısıyla elektrikli araçların filo içerisindeki ağırlığının değiştiği) dört farklı senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryolardan üçüncüsü daha önceden çözülen, bir adet dizel ve bir adet elektrik motorlu aracın kullanıldığı örnek problemdir. Tablo 7'de incelenen senaryolardaki araç sayıları, motor tipleri ve kapasite bilgileri verilmektedir.

Tablo 7. Senaryolardaki araç sayıları, motor tipleri ve araç kapasiteleri

Senaryo	Araçların Sayısı, Motor Tipleri ve Kapasiteleri
Senaryo-1	1 adet dizel motorlu araç (3650 kg kapasite)
Senaryo-2	2 adet dizel motorlu araç (3650 kg kapasite)
Senaryo-3 (Örnek Problem)	1 adet dizel motorlu ve 1 adet elektrik motorlu araç (3650 kg ve 635 kg kapasite)
Senaryo-4	4 adet elektrik motorlu araç (635 kg kapasite)

Senaryoların optimal çözümleri ile araçların kat ettikleri toplam mesafe, izledikleri rota, taşıdıkları yük miktarları, yakıt tüketimleri, yakıt maliyetleri ve CO₂ emisyon değerleri hesaplanmıştır. Ek olarak, dağıtım faaliyetlerinin bir yıl içerisinde 250 günde gerçekleştirildiği varsayılarak yakıt maliyetleri belirlenmiştir (OPET, 2020).

Bir adet dizel motora sahip aracın kullanıldığı ilk senaryo için optimal çözümde katedilen toplam mesafe 689,21 km ve tüketilen yakıt miktarı 101,35 lt'dir. İki adet dizel motorlu araç kullanılan ikinci senaryoda birinci araç 395,4 km ve ikinci araç 505,02 km olmak üzere toplamda 900,42 km yol kat etmişlerdir. Birinci senaryo sonuçları ile karşılaştırıldığında, dağıtım planında bir adet yerine iki aracın kullanımının yüksek maliyetli olduğu ve de çevreye daha çok zarar verdiği görülmüştür. Üçüncü senaryonun çözümüne göre dizel motora sahip araç 541,37 km mesafe kat ederek 79,61 litre yakıt kullanmış, elektrik motora sahip araç ise 365,79 km seyahat ederek 73,15 kWsa elektrik kullanmıştır. Son olarak, dağıtım planında dört adet elektrik motorlu aracın kullanıldığı dördüncü senaryoda optimal çözümde araçların kat ettikleri mesafeler birinci araç için 365,79 km, ikinci araç için 274,61 km, üçüncü araç için 382,84 km ve dördüncü araç için 355,30 km olmak üzere toplamda 1378,54 km'dir. Her bir senaryo için dağıtım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi için varsayılan 250 günlük süreçte hesaplanan toplam yakıt maliyeti, tüketim miktarları ve emisyon salınım değerleri Tablo 8'de sunulmaktadır.

Tablo 8. Toplam enerji kullanımı, yakıt maliyeti ve CO₂ emisyon değerleri

Senaryo	Çözüm Süresi	Yıllık Toplam Yakıt Maliyeti	Yıllık Toplam Enerji Kullanımı	Yıllık Toplam CO ₂ Emisyon Salınımı
Senaryo-1	114 dk	172.302,5 TL	25.338,60 lt	66.640,53 kg
Senaryo-2	198 dk	225.105 TL	33.103,68 lt	87.062,67 kg
Senaryo-3	72 dk	137.630 TL	19.903,31 lt/18.289,50 kWsa	57.759,39 kg
Senaryo-4	0,42 dk	8.615 TL	68.927,20 kWsa	20.402,45 kg

Tablo 8 incelendiğinde, dört farklı senaryo arasında sadece elektrikli motora sahip araçların kullanıldığı dördüncü senaryodaki yakıt maliyetlerinin ve CO₂ emisyon salınımı değerlerinin diğer senaryolara oranla daha düşük değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre, araç bakım ve satın alma maliyetlerinin ihmal edilerek yalnızca yakıt maliyetleri açısından değerlendirildiğinde, elektrikli motora sahip araçların dizel motora sahip araçlara göre daha avantajlı olduğu görülmüştür.

4.3.2. Güneş Panelleri ile Elektrik Üretimi Üzerinden Bir Maliyet Analizi

Bu bölümde, dağıtım faaliyetlerinde kullanılan elektrikli motora sahip araçların elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmek adına güneş panelleri kurulumu için bir maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Bir önceki bölümde yer alan dört adet elektrik motorlu aracın kullanıldığı senaryo esas alınarak yıllık elektrik enerjisi ihtiyacının ortalama 70.000 kWsa olduğu varsayımında bulunulmuştur (Tablo 8). İhtiyaç duyulan bu miktarı üretebilmek için 10 kW'lık 5 adet güneş panelinin kurulması öngörülmüştür. 10 kW güneş paneli ortalama olarak günde 29-46 kWsa elektrik üretmektedir (SolarReviews, 2020). Bu miktar hesaplama kolaylığı açısından günde 40 kWsa olarak belirlenmiş, bir adet güneş panelinin yılda 14.600 kWsa, beş adet güneş panelinin ise 73.000 kWsa enerji ürettiği varsayılmıştır.

10 kW'lık bir güneş panelinin kurulum maliyeti Amerika Birleşik Devletleri'nde ortalama 2.300 \$'dır (SolarReviews, 2020). Buna göre, bakım maliyetlerinin göz ardı edildiği durumda, 5 adet güneş paneli kurulum maliyeti 115.000 \$ olmaktadır. Diğer taraftan, Amerika Birleşik Devletleri'nde elektrik enerjisi için kWsa başına 0,12 \$ ödenmektedir (EIA, 2020). Elektrik enerjisinin üretilmeyip satın alındığı durumda, 70.000 kWsa enerjiye karşılık yıllık 8.400 \$'lık bir maliyet oluşacaktır. 8.400 \$'ın yıllık yakıt maliyeti olarak kabul edilmesi ile yapılan başa baş analizine göre güneş panellerine yapılacak bir yatırımın yaklaşık 13 yıl sonra karşılanacağı görülmüştür.

Birçok şirket, minimum kabul edilebilir getiri oranı %15 ve üzerinde olan yatırım ve projeleri kabul etmekte, bu oranın altında kalanları tercih etmemektedir (Nahmias ve Olsen, 2015). Güneş panelleri kurulumu için yapılacak yatırımın finansal açıdan avantajlı olup olmadığını belirlemek adına güneş panellerinin kullanım ömürlerine bağlı olarak yıllık getiri miktarları üzerinden minimum kabul edilebilir getiri oranı hesaplanmıştır. Enerjinin satın alınması yerine üretilmesi durumunda ödenmeyecek 8.400 \$, yıllık getiri miktarı olarak belirlenmiştir. Finansal riskler ve enflasyon gibi dış faktörleri ihmal ederek, güneş panellerinin yaklaşık ömürlerinin 30, 35 ve 40 yıl olduğu varsayımı altında hesaplanan yıllık indirgenmiş getiri miktarları ve iç verim oranları Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9'da görüldüğü üzere, güneş panellerinin kullanım ömürleri esas alınarak iç verim oranları sırasıyla %6,05, %6,50, ve %6,77 olarak hesaplanmış ve %15 kritik oranın altında kalması nedeniyle finansal açıdan bu yatırımın avantajlı olmadığı görülmüştür.

Getiri miktarları için daha gerçekçi bir hesaplama yapabilmek adına, yıllık enflasyon oranlarının dahil edilerek güneş panellerine yapılacak yatırımın iç verim oranları yeniden belirlenmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki son on yıllık enflasyon oranları dikkate alınarak, bu oranların %1, %2 ve %3 olduğu durumlar üzerinden iç verim oranları belirlenmiştir (UsInflationCalculator, 2020). Güneş panelleri için yaklaşık kullanım ömürlerinin 30, 35 ve 40 yıl olduğu varsayımında, yıllık getiri miktarları enflasyon oranlarındaki yükselişe bağlı olarak artmaktadır. Yıllık enflasyon oranlarına karşılık gelen yıllara göre iç verim oranları Tablo 10'da sunulmaktadır.

Tablo 10'a göre yıllık farklı enflasyon oranlarına göre hesaplanan iç verim oranlarının hâlâ %15 kritik oranının altında olmasından ötürü finansal açıdan bu yatırım olumlu görülmemektedir. Fakat, bu yatırım için yapılan maliyet analizinin küçük bir ölçek üzerinde gerçekleştirildiği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durum, girdi(ler) üzerindeki yapılan bir değişimin çıktı(lar) üzerindeki etkisi olarak tanımlanan ölçeğe göre getiri kavramı üzerinden yorumlanabilmektedir. Girdilerdeki oransal bir artış, çıktılar üzerinde daha fazla bir artış sağlıyorsa ölçeğe göre artan bir getiriden söz edilebilmektedir (Førsund ve Hjalmarsson, 2004). Güneş paneli yatırımı açısından yorumlamak gerekirse, daha çok elektrik üretmek için kurulacak güneş panelleri ile ölçek büyüyecek ve bu büyümenin getirilerde daha fazla bir oransal artış sağlaması ile iç verim oranları çok daha yüksek değerlere ulaşacaktır. Ek olarak, ihtiyaç duyulan miktardan daha fazla elektrik enerjisi üretim kararı alınması durumunda, ihtiyacın dışında kalan miktarın satılarak kazanç elde edilmesi ile getirilerde artış sağlanabilecektir.

Tablo 9. Güneş panellerinin yıllık indirgenmiş getiri miktarları ve iç verim oranları

Yıllar	Güneş panellerinin yaklaşık ömrü		
	30 yıl	35 yıl	40 yıl
1	7920,74	7887,49	7867,13
2	7468,82	7406,25	7368,06
3	7042,69	6954,38	6900,65
4	6640,87	6530,07	6462,9
5	6261,98	6131,65	6052,91
6	5904,7	5757,54	5668,93
7	5567,81	5406,26	5309,31
8	5250,14	5076,41	4972,5
9	4950,59	4766,68	4657,06
10	4668,14	4475,85	4361,63
11	4401,8	4202,77	4084,94
12	4150,66	3946,35	3825,81
13	3913,84	3705,57	3583,11
14	3690,54	3479,48	3355,81
15	3479,97	3267,19	3142,92
16	3281,43	3067,85	2943,55
17	3094,2	2880,67	2756,82
18	2917,67	2704,91	2581,93
19	2751,2	2539,88	2418,14
20	2594,23	2384,91	2264,74
21	2446,22	2239,4	2121,07
22	2306,65	2102,77	1986,52
23	2175,04	1974,47	1860,5
24	2050,95	1854,01	1742,47
25	1933,93	1740,89	1631,94
26	1823,59	1634,67	1528,41
27	1719,55	1534,94	1431,45
28	1621,44	1441,28	1340,65
29	1528,93	1353,35	1255,6
30	1441,69	1270,78	1175,95
31		1193,24	1101,35
32		1120,44	1031,48
33		1052,08	966,05
34		987,89	904,77
35		927,61	847,37
36			793,62
37			743,27
38			696,12
39			651,96
40			610,6
Toplam Getiri (\$)	115000	115000	115000
İç Verim Oranı (%)	6,05	6,50	6,77

Tablo 10. Güneş panelleri için farklı enflasyon oranları ile hesaplanmış iç verim oranları

Enflasyon Oranı(%)	1			2			3		
Yıllar	30	35	40	30	35	40	30	35	40
İç Verim Oranı (%)	7,02	7,47	7,76	7,98	8,45	8,74	8,95	9,43	9,72

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, araç rotalama probleminin türlerinden biri olan birebir toplama ve dağıtım problemi modellenmiş ve analiz edilmiştir. Birebir toplama ve dağıtım problemi ile ilgili önceki çalışmalardan farklı olarak, tüm araçların dizel ve elektrikli motora sahip olduğu kabul edilmektedir. Çalışmada, farklı senaryolarda taşımacılık ile ilgili aktivitelerden kaynaklanan emisyon salınımı ve yakıt tüketimi göstergeleri üzerinden değerlendirmelerde bulunabilmek adına Karışık Tam Sayılı Programlama modeli kullanılmıştır. Bu yönleri ile çalışmanın sürdürülebilir lojistik yönetimine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Çalışmadaki nümerik analizler kapsamında ilk olarak bir adet depo, bir adet yapay depo, toplama ve dağıtım noktalarının oluşturduğu örnek bir araç rotalama problemi çözülmüştür. Sonrasında, çözülen bu problemin değişen parametrelerinin dağıtım planını ve optimal çözümü hangi ölçüde değiştirdiğini görebilmek adına duyarlılık analizleri yapılmıştır. Bu amaçla, sunulan örnek problemin ana senaryo olarak kabul edilerek araç kapasiteleri, yakıt maliyetleri, elektrikli aracın kat edebileceği maksimum mesafe ve toplama ve dağıtım noktalarının yerleri/sıraları değiştirilerek farklı senaryolar oluşturularak incelenmiştir. Sürdürülebilirlik üzerine oluşturulan farklı senaryolarda yakıt maliyetleri ve emisyon salınım değerleri analiz edilip karşılaştırılarak, elektrik motorlu araçların kısa mesafe yük taşımacılığında kullanımının göz önünde bulundurulduğu dağıtım planları oluşturulmuştur. Yalnızca dizel motorlu araçların seyahat ettiği, bir elektrik ve bir dizel motorlu araç ile seyahat ettiği ve sadece elektrikli motora sahip araçların seyahat ettiğinin varsayıldığı farklı senaryolarda emisyon değerleri ve yakıt maliyetleri değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, senaryolardaki elektrikli araçların bakım ve satın alma maliyetleri göz ardı edilmiştir. Söz konusu senaryolar arasından hem en düşük maliyete sahip hem de karbon salınımı en düşük olanı dört adet elektrik motora sahip aracın kullanıldığı senaryo olmuştur. Bu noktada, kısa mesafe yük taşımacılığında elektrikli araçlar kullanılarak daha az maliyetli ve daha çevre dostu sonuçlar elde edilebileceği yorumunda bulunulabilir.

Sürdürülebilirlik üzerine kurulan senaryolar altında yapılan bir başka analiz de ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi üretiminin daha düşük maliyetli olup olmayacağını test edebilmek adına güneş paneli kurulum maliyeti üzerinden yapılan başa baş analizidir. Başa baş analizi sonucunda, güneş panellerine yapılacak bu potansiyel yatırımın geri dönüşünün yaklaşık 13 yıl süreceği görülmüştür. Söz konusu yatırım için getiri oranı ortalama %6 olarak hesaplanmış ve bu oranın oldukça düşük bir değerde olduğundan ötürü bu yatırımın finansal açıdan avantajlı olmadığı görülmüştür.

Çalışmanın kısıtları arasında, önerilen matematiksel modelin çok büyük problemlerde kullanıcılar için sahip olduğundan çok daha fazla hesaplama süresi ve hafıza gereksinimi yer alabilir. Bu noktada, bir sezgisel model geliştirilmesine ihtiyaç duyulabilir. Emisyon ve yakıt maliyeti karşılaştırılmasının daha geniş bir veri seti ile değerlendirilememiş oluşu ile güneş panelleri üzerinden elektrik üretimi için, gerçek bir verinin Türkiye koşullarında elde edilememiş oluşu da çalışmanın kısıtlarından sayılabilir. Bu çalışma ile ele alınan birebir toplama ve dağıtım problemi göz önünde bulundurulduğunda, ilerideki çalışmalarda, taşımacılık faaliyetlerinden kaynaklanan emisyon salınımı ve enerji kullanım miktarlarını azaltabilmek adına zamana bağımlı araç hızları dikkate alınabilir. Ek olarak, elektrikli araç bataryalarının şarj edilebileceği noktaların dikkate alındığı, araçların daha uzun mesafeler kat edebilecekleri senaryolar üzerinde durulabilir. Bununla birlikte, matematiksel modellere yakıt tüketimlerine daha fazla odaklanılmasına olanak sağlayan yaklaşımlar dahil edilebilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Muhammed Enes Taşdan: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Modelleme *Cem Menten:* Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme *Mehmet Soysal:* Kavramsallaştırma, Metodoloji, Analiz, Modelleme *Mustafa Çimen:* Kavramsallaştırma, Metodoloji

Muhammed Enes Taşdan: Literatür review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Modelling *Cem Menten:* Writing-review and editing *Mehmet Soysal:* Conceptualization, Methodology, Analysis, Modelling *Mustafa Çimen:* Conceptualization, Methodology

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Alke (2020a). "Electric Vehicles ATX320E"i <https://www.alke.com/electric-vehicles-atx320e>, (Erişim Tarihi:10.01.2020)
- Alke (2020b). "Technical Specs: ATX320E"i <https://www.alke.com/doc/technical-specs-alke-ATX320E.pdf>, (Erişim Tarihi:10.01.2020).
- Atasagun, G.C. ve Karaoğlan, İ. (2019). "Zaman Bağımlı Eş Zamanlı Topla Dağıt Araç Rotalama Problemi için bir Matematiksel Model", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(4), 1743-1756.
- Ayadi, M., Chabchoub, H. ve Yassine, A. (2014). "An Exact Method for the Multi-Vehicle Static Demand Responsive Transport Problem Based on Service Quality: The Case of One-to-One", *International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)*, 2014, 308- 313.
- Aydoğdu, B. ve Özyörük, B. (2020). "Dinamik Eş Zamanlı Topla Dağıt Araç Rotalama Probleminin Çözümü için Matematiksel Model ve Sezgisel Yaklaşım: Rassal İteratif Yerel Arama Değişken Komşu İniş Algoritması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(2), 563-580.
- Belgin, Ö., Karaoğlan, İ. ve Altıparmak, F. (2021). "İki Aşamalı Eş Zamanlı Topla-Dağıt Araç Rotalama Problemi için Matematiksel Programlama Tabanlı Sezgisel Yaklaşım", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(3), 1565-1580.
- Braekers, K., Ramaekers, K. ve Van Nieuwenhuysse, I. (2016). "The Vehicle Routing Problem: State of the Art Classification and Review", *Computers & Industrial Engineering*, 99, 300-313.
- Castro, M.P., Cire, A. A. ve Beck, J.C. (2020). "An Mdd-Based Lagrangian Approach to the Multicommodity Pickupand-Delivery TSP", *INFORMS Journal on Computing*, 32(2), 263-278.
- Cherkesly, M. ve Gschwind, T. (2022). "The Pickup and Delivery Problem with Time Windows, Multiple Stacks, and Handling Operations", *European Journal of Operational Research*, 301(2), 647-666.
- Chopra, S. ve Meindl P. (2013). "Supply Chain Management Strategy, Planning and Operation", Prentice Hall, New Jersey.
- Cordeau, J.F., Laporte, G. ve Ropke, S. (2008). "Recent Models and Algorithms for One-to-One Pickup and Delivery Problems", *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*, 327-357, Springer, Boston, MA.
- Dantzig, G.B. ve Ramser, J.H. (1959). "The Truck Dispatching Problem", *Management Science*, 6(1), 80-91.
- DEFRA (Department for Environmental Food and Rural Affairs) (2020). "European Union Emissions Trading Scheme", <http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/trading/eu/index.htm>, (Erişim Tarihi:10.01.2020).
- Demir, E. ve van Woensel, T. (2013). "Mathematical Modeling of CO2 Emissions in One-to-One Pickup and Delivery Problems", *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 63-67.
- Drexl, M. (2021). "On the One-to-One Pickup-and-Delivery Problem with Time Windows and Trailers", *Central European Journal of Operations Research*, 29(3), 1115-1162.
- Dumitrescu, I., Ropke, S., Cordeau, J.F. ve Laporte, G. (2010). "The Traveling Salesman Problem with Pickup and Delivery: Polyhedral Results and A Branch-and-Cut Algorithm", *Mathematical Programming*, 121(4), 269-305.
- EEA (European Environment Agency) (2016). "Data and Maps", <https://www.eea.europa.eu>, (Erişim Tarihi:10.01.2022)
- EIA (U.S.Energy Information Administration) (2020). "Electricity Explained: Data & Statistics", <https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/data-and-statistics.php>, (Erişim Tarihi:10.01.2020).
- Factorovich, P., Méndez-Díaz, I. ve Zabala, P. (2020). "Pickup and Delivery Problem with Incompatibility Constraints", *Computers & Operations Research*, 113.
- Førsund, F. ve Hjalmarsson, L. (2004). "Calculating Scale Elasticity in DEA Models", *Journal of the Operational Research Society*, 55, 1023-1038.
- Franceschetti, A., Honhon, D., Van Woensel, T., Bektas, T. ve Laporte, G. (2013). "The Time Dependent Pollution Routing Problem", *Transportation Research Part B: Methodological*, 56(C), 265-293.
- Ghiani, G., Laporte, G. ve Musmanno, R. (2004). "Planning and Managing Long-Haul Freight Transportation. Introduction to Logistics Systems Planning and Control", John Wiley & Sons, West Sussex, İngiltere.
- Graf, B. (2021). "Preemptive Stacker Crane Problem: Extending Tree-Based Properties and Construction Heuristics", *European Journal of Operational Research*, 292(2), 532-547.
- Guerriero, F., Pezzella, F., Pisacane, O. ve Trollini, L. (2014). "Multi Objective Optimization in Dial-a-Ride Public Transportation", *Transportation Research Procedia*, 3, 299-308.
- Haddad, M.N., Martinelli, R., Vidal, T., Ochi, L.S., Martins, S., Freitas Souza, M.J. ve Hartl, R. (2018). "Large Neighborhood-Base Metaheuristic and Branch-and-Price for the Pickup and Delivery Problem with Split Loads", *European Journal of Operational Research*, 270(3), 1014-1027.

- Iori, M. ve Riera-Ledesma, J. (2015). "Exact Algorithms for the Double Vehicle Routing Problem with Multiple Stacks", *Computers ve Operations Research*, 63, 83-101.
- Jabali, O., van Woensel, T. ve de Kok, A.G. (2012). "Analysis of Travel Times and CO2 Emissions in Time-Dependent Vehicle Routing", *Production and Operations Management* 21(6), 1060-1074.
- Keçeci, B., Altıparmak, F. ve İmdat, K. (2015). "Heterojen Eş-Zamanlı Topla-Dağıt Araç Rotalama Problemi : Matematiksel Modeller ve Sezgisel Bir Algoritma", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 185-195.
- Li, X. (2014). "Operations Management of Logistics and Supply Chain: Issues and Directions", *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2014, 1-7.
- Liu, M., Zhang, C., Wu, Q. ve Meng, B. (2021). "Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows of Cargo Transport O2O Platforms", *International Journal of Simulation Modelling*, 20(2), 351-362.
- Mesa-Arango, R. ve Ukkusuri, S.V. (2013). "Benefits of in-Vehicle Consolidation in less than Truckload Freight Transportation Operations", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 60, 113-125.
- Montero, A., Miranda-Bront, J.J. ve Mendez-Diaz, I. (2017). "An ILP-Based Local Search Procedure for the VRP with Pickups and Deliveries", *Annals of Operations Research*, 259(14) 327-350.
- Naccache, S., Côté, J.F. ve Coelho, L.C. (2018). "The Multi-Pickup and Delivery Problem with Time Windows", *European Journal of Operational Research*, 269(1), 353-362.
- Nahmias, S. ve Olsen, T.L. (2015). "Production and Operations Analysis", Waveland Press, Illinois.
- OPET (2020). "Akaryakıt Fiyatları", <https://www.opet.com.tr/akaryakit-fiyatlari-arsivi>, (Erişim Tarihi: 14.02.2020).
- Öncan, T., Tüzün Aksu, D., Şahin, G. ve Şahin, M. (2011). "A Branch and Cut Algorithm for the Multi-Vehicle One-to-One Pickup and Delivery Problem with Split Loads", *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1864-1868.
- Park, H., Son, D., Koo, B. ve Jeong, B. (2021). "Waiting Strategy for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery Using Genetic Algorithm", *Expert Systems with Applications*, 165, 113959.
- Pelletier, S., Jabali, O. ve Laporte, G. (2014). "Goods Distribution with Electric Vehicles: Review and Research Perspectives", *CIRRELT-2014-44*, 1-36.
- Qi, X., Fu, Z., Xiong, J. ve Zha, W. (2020). "Multi-Start Heuristic Approaches for One-to-One Pickup and Delivery Problems with Shortest-Path Transport along Real-Life Paths", *PloS one*, 15(2), e0227702.
- Rushton, A., Croucher, P. ve Baker, P. (2010). "The Handbook of Logistics Distribution Management", Kogan Page Limited, Londra.
- Savelsbergh, M. ve Sol, M. (1995). "The General Pickup and Delivery Problem", *Transportation Science*, 29(1), 17-29.
- Sherif, S.U., Asokan, P., Sasikumar, P., Mathiyazhagan, K. ve Jerald, J. (2021). "Integrated Optimization of Transportation, Inventory, and Vehicle Routing with Simultaneous Pickup and Delivery in Two-Echelon Green Supply Chain Network", *Journal of Cleaner Production*, 287, 125434.
- SolarReviews. (2020a). "Is a 10kW Solar System Right for Your Home?", <https://www.solar-estimate.org/solar-panels101/10kw-solar-system>, (Erişim Tarihi:10.01.2020).
- SolarReviews. (2020b). "How Much does an Average 10kW Solar System Cost?", <https://www.solarreviews.com/blog/10kw-solar-systems-are-becoming-very-popular-here-is-why#how-much-does-a-10kw-solar-system-%20cost>, (Erişim Tarihi:10.01.2020).
- Soysal, M. ve Bloemhof-Ruwaard, J.M. (2017). "Toward Sustainable Logistics. Sustainable Logistics and Transportation: Optimization Models and Algorithms", Springer, Boston, MA.
- Soysal, M., Cimen, M. ve Demir, E. (2018). "On the Mathematical Modeling of Green One-to-One Pickup and Delivery Problem with Road Segmentation", *Journal of Cleaner Production*, 174, 1664-1678.
- Şahin, M., Çavuşlar, G., Öncan, T., Şahin, G. ve Tüzün Akus, D. (2013). "An Efficient Heuristic for the Multivehicle One-To-One Pickup and Delivery Problem with Split Loads", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 27, 169-188.
- Taefi, T.T., Kreuzfeldt, J., Held, T. ve Fink, T. (2017). "Supporting the Adoption of Electric Vehicles in Urban Road Freight Transport-A Multi-Criteria Analysis of Policy Measures in Germany", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 91(C), 61-79.
- The Pollution-Routing Problem Instance Library (2020). <http://www.apollo.management.soton.ac.uk/prplib.htm>, (Erişim Tarihi:10.01.2020).
- Toth, P. ve Vigo, D. (2002). "The Vehicle Routing Problem", Society for Industrial and Applied Mathematics.

- Treleven, K., Pavone, M. ve Frazzoli, E. (2013). "Asymptotically Optimal Algorithms for One-to-One Pickup and Delivery Problems with Applications to Transportation Systems", *IEEE Transactions on Automatic Control*, 58(9), 2261-2276.
- US InflationCalculator (2020). "Current Inflation Rates", <https://www.usinflationcalculator.com/inflation/current-inflationrates>, (Erişim Tarihi:10.01.2020)
- Xiong, J., Qi, X., Fu, Z. ve Zha, W. (2020). "Split Demand One-to-One Pickup and Delivery Problems with the ShortestPath Transport along Real-Life Paths", *IEEE Access*, 8, 150539-150554.
- Yazgan, H.R. ve Büyükyılmaz, R.G. (2017). "Eş Zamanlı Topla Dağıt Araç Rotalama Problemine Sezgisel bir Çözüm Yaklaşımı", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 436-449.
- Zhu, X., Garcia-Diaz, A., Jin, M. ve Zhang, Y. (2014). "Vehicle Fuel Consumption Minimization in Routing OverDimensioned and Overweight Trucks in Capacitated Transportation Networks", *Journal of Cleaner Production*, 85, 331-336.

EKLER

Tablo A1. Modelde kullanılan parametreler, parametrelerin değerleri, birimleri ve kaynakları

<i>Sembol</i>	<i>Açıklama</i>	<i>Birim</i>	<i>Kaynak</i>
P	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7		
D	D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7		
V	Depo, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, Yapay Depo	Adet	PRP Kütüphanesi ¹
A	189		
K	1 Dizel, 1 Elektrikli	Adet	Varsayım
q_i	Bakınız Tablo 3	Kg	PRP Kütüphanesi ¹
Q_k	Dizel: 3650, Elektrikli: 635	Kg	Teknik Özellikler ⁵
t_{ij}	Bakınız Tablo A3	Dakika	Varsayım
h_i	Bakınız Tablo 4	Dakika	PRP Kütüphanesi ¹
M	Büyük bir sayı		Varsayım
f_k	Dizel: 1, Elektrikli: 0,025	TL/km	Teknik Özellikler ²
$range_k$	Dizel: Sınır yok, Elektrikli: 400	Km	Teknik Özellikler ²
d_{ij}	Bakınız Tablo A2	Metre	PRP Kütüphanesi ¹
$wage$	0,5	TL/dk	Varsayım

¹ PRP Kütüphanesi: (10.01.2020, <http://www.apollo.management.soton.ac.uk/prplib.htm>)

⁵ Teknik özellikler: (10.01.2020, <https://www.alke.com/doc/technical-specs-alke-ATX320E.pdf>)

Tablo A2. Düşümler arası mesafeler

d_{ij} (km)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	50,9	92,8	91,4	96,5	75,9	76,2	49,3	69,7	64,6	49,7	24,3	45	91,2	81,4	94,6
1	51,1	0	137,8	103,6	92,2	82,3	52,1	15,3	45,5	59,5	21,2	72,6	23,2	83,5	58	142,9
2	92,8	137,7	0	141	111,5	95	144,9	132,2	137,9	137,7	128,9	69,4	122,5	114,9	133,5	31,2
3	91	103,6	141,4	0	202,4	162,2	149,8	115,4	143,2	50,1	120,5	89,1	117	193,4	157,1	118,6
4	96,2	91,9	111,3	202,8	0	23,1	60	79,6	52,8	149,2	72,5	115,1	71,4	9,8	42,1	135
5	75,9	82,1	94,9	162,3	23,1	0	56,3	69,8	48,9	135,5	62,8	94,8	59,7	20,6	40,5	118,6
6	76,4	52,1	144,8	149,6	60,4	56,3	0	39,8	8	109,2	32,8	100	33,4	52,3	20,6	166,5
7	49,5	15,3	132,3	115,4	79,9	70	39,8	0	33,2	71,2	8,9	73,1	11	71,1	45,6	143,4
8	69,8	45,5	137,8	143	53,2	49	8	33,2	0	102,6	26,2	93,4	26,7	45	14,1	159,9
9	64,6	59,1	137,8	50,1	149,2	135,8	108,7	70,8	102,2	0	77,9	70	78,6	140,5	114,6	135,3
10	49,4	21,2	128,7	120	72,8	62,9	32,7	8,9	26,2	78,3	0	73,1	7,2	64,1	38,6	143,4
11	24,3	72,7	69,4	89,1	115,5	95	100,1	73,2	93,5	70	73,6	0	68,8	110,3	105,3	71,2
12	45,1	23,2	122,2	117	71,2	59,8	33,5	11	26,9	78,9	7,1	68,7	0	62,2	39,3	139
13	91,3	83,7	114,6	194	10,3	20,6	52,3	71,4	45,2	140,8	64,4	110,2	62,6	0	34,5	138,4
14	82	58	133,3	156,8	42,5	40,6	20,4	45,7	14,1	115	38,7	105,6	39,2	34,3	0	157
15	94,7	143,1	31	118,4	135,1	118,6	166,4	143,6	159,9	135,4	144	71,4	139,2	138,5	157,2	0

0: Depo, 1: P1, 2: P2, 3: P3, 4: P4, 5: P5, 6: P6, 7: P7, 8: D1, 9: D2, 10: D3, 11: D4, 12: D5, 13: D6, 14: D7, 15: Yapay Depo

Tablo A3. D ğ mler arası seyahat s releri

t_{ij} (dk)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0,0	38,2	69,6	68,6	72,3	56,9	57,2	37,0	52,2	48,5	37,3	18,2	33,7	68,4	61,1	70,9
1	38,3	0,0	103,3	77,7	69,2	61,7	39,1	11,5	34,2	44,6	15,9	54,5	17,4	62,6	43,5	107,2
2	69,6	103,3	0,0	105,7	83,6	71,2	108,7	99,2	103,4	103,3	96,7	52,1	91,9	86,1	100,1	23,4
3	68,2	77,7	106,0	0,0	151,8	121,6	112,4	86,5	107,4	37,6	90,4	66,9	87,8	145,0	117,8	88,9
4	72,2	68,9	83,5	152,1	0,0	17,3	45,0	59,7	39,6	111,9	54,4	86,3	53,5	7,4	31,6	101,3
5	56,9	61,6	71,2	121,7	17,3	0,0	42,2	52,4	36,7	101,6	47,1	71,1	44,8	15,5	30,4	89,0
6	57,3	39,1	108,6	112,2	45,3	42,2	0,0	29,9	6,0	81,9	24,6	75,0	25,0	39,2	15,5	124,9
7	37,1	11,5	99,2	86,5	59,9	52,5	29,8	0,0	24,9	53,4	6,7	54,8	8,2	53,4	34,2	107,5
8	52,3	34,2	103,3	107,3	39,9	36,7	6,0	24,9	0,0	76,9	19,6	70,1	20,1	33,8	10,5	119,9
9	48,5	44,3	103,3	37,6	111,9	101,8	81,5	53,1	76,6	0,0	58,4	52,5	58,9	105,4	85,9	101,5
10	37,1	15,9	96,6	90,4	54,6	47,2	24,5	6,7	19,6	58,7	0,0	54,8	5,4	48,1	28,9	107,5
11	18,2	54,5	52,1	66,9	86,3	71,2	75,0	54,9	70,1	52,5	55,2	0,0	51,6	82,7	79,0	53,4
12	33,8	17,4	91,7	87,7	53,4	44,8	25,1	8,3	20,2	59,2	5,3	51,5	0,0	46,6	29,5	104,3
13	68,4	62,8	86,0	145,5	7,7	15,5	39,2	53,5	33,9	105,6	48,3	82,6	46,9	0,0	25,9	103,8
14	61,5	43,5	100,0	117,6	31,8	30,5	15,3	34,2	10,6	86,3	29,0	79,2	29,4	25,7	0,0	117,8
15	71,0	107,3	23,2	88,8	101,4	89,0	124,8	107,7	119,9	101,5	108,0	53,5	104,4	103,9	117,9	0,0

0: Depo, 1: P1, 2: P2, 3: P3, 4: P4, 5: P5, 6: P6, 7: P7, 8: D1, 9: D2, 10: D3, 11: D4, 12: D5, 13: D6, 14: D7, 15: Yapay Depo

Kamu Destek ve Teşviklerinin Firma Performansına Etkisi

Müşerref KÜÇÜKBAYRAK¹

ÖZET

Amaç: Türkiye’de uygulanan kamu destek ve teşviklerinden yararlanan firmaların özellikleri betimsel olarak incelenmektedir. Ayrıca, destek alan firmaların ölçek, net satış ve ihracat açısından destek almayanlara göre performanslarının nasıl farklılaştığının analiz edilmesi amaçlanmaktadır.

Yöntem: Çalışmada Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından oluşturulan ve Girişimci Bilgi Sistemi’nde yer alan farklı veri setlerinin birleştirilmesiyle elde edilen özel bir veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti 2008-2018 yıllarına ait olup, destek alma durumunun firma performansı ile ilişkisi dinamik panel veri modeliyle tahmin edilmiştir.

Bulgular: Sektör, çalışan sayısı ve bölgeye göre değişmekle birlikte, firmaların kamu desteklerinden yararlanma oranı ortalama %3,5’tir. Model tahmin sonuçları desteklerden faydalanan ve faydalanmayan girişimlerin performans açısından farklılaştığını ortaya koymaktadır. Girişimler arasındaki farklılaşmanın performans ve destek türüne göre de değiştiği görülmüştür. En belirgin performans farklılaşması yatırım teşviklerinde görülürken, en az farklılaşma TÜBİTAK desteklerinde gözlenmiştir.

Özgünlük: Türkiye’de kamu tarafından firmalara yönelik farklı amaca hizmet eden birçok destek ve teşvik sağlanmaktadır. Çeşitli destek programlarından yararlanan firmaların özelliklerini ortaya koymak bundan sonra yapılacak daha kapsamlı analizlere temel oluşturması açısından önemlidir. Bunun yanı sıra, bu çalışma firma desteklerinin firma performans göstergeleriyle ilişkisine yönelik sınırlı literatüre katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kamu Destekleri, Teşvikler, Firma Performansı, Ar-Ge, Yenilik ve Girişimcilik Destekleri.

JEL Kodları: H81, L25, L78.

Impact of Public Supports and Incentives on Firm Performance

ABSTRACT

Purpose: In this study, characteristics of the firms benefiting from the public supports and incentives applied in Türkiye are analyzed. It is also aimed to present results of their performance in terms of scale, net sales and exports compared to those which do not benefit from them.

Methodology: A special data set combining data from various resources by Ministry of Industry and Technology under Entrepreneur Information System is used. The differentiation of the firm performances is analyzed with dynamic panel data models for 2008-2018.

Findings: Despite varying by sector, number of employees and region, firm utilization rate of subsidies is 3.5% on average. According to estimation results, beneficiary firms perform better compared to non-beneficiaries. The differentiation of firm performance varies by the type of support and the performance indicator. The greatest differences are observed in investment subsidies and in the subsidies provided by TÜBİTAK.

Originality: Various public incentives and support serving different purposes are provided to firms in Türkiye. It is important to reveal the characteristics of the firms benefiting from these support programs. Besides, this study will contribute to the limited literature on the relationship between firm supports and firm performance indicators.

Keywords: Public Supports, Incentives, Firm Performance, R&D, Innovation and Entrepreneurship Supports.

JEL Codes: H81, L25, L78.

¹ Ekonomist, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, Yapısal Ekonomik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, museref.kucukbayrak@tcmb.gov.tr, ORCID: 0000-0002-3462-9996.

EXTENDED ABSTRACT

Numerous public subsidies and incentives are widely provided by governments for several reasons. Based on diversity and structure of design, some firms can be eligible for many, while some stay out of these. Thus, it is crucial to understand which firms are benefiting from public subsidies and to what extent these are useful to improve firms' performance, thereby contributing to economic growth.

In this study, characteristics of the firms benefiting from the public supports and incentives applied in Türkiye are analyzed. The study focuses on the investment, R&D and SME subsidies, which constitute the greatest part of total public supports in the country. It is also aimed to present results of their performance in terms of scale, net sales and exports compared to those which do not benefit from them.

A special data set combining data from various resources by the Ministry of Industry and Technology under Entrepreneur Information System is used. The differentiation of the firm performances is analyzed with dynamic panel data models for 2008-2018.

Despite varying by sector, number of employees and region, firm utilization rate of subsidies is 3.5% on average. According to estimation results, beneficiary firms perform better compared to non-beneficiaries. The differentiation of firm performance varies by the type of support and the performance indicator. The greatest differences are observed in investment subsidies and in the subsidies provided by TÜBİTAK.

The results obtained from the study indicate that public support and incentives can have positive effects on various performance indicators of firms. On the other hand, the effects vary according to type of the support and performance indicator chosen. Extending implementation of more effective supports, while limiting the less effective ones might increase efficiency. The study also finds that the average number of programs used per firm is low. The majority of firms can only benefit from a single public support. This might be due to large number and variety of supports provided in the country. In addition, the legislation on support and incentives is mixed and regulations change very frequently. This might contribute to the fact that small firms are benefiting less than large firms from the benefits provided through public support. Therefore, simplifying regulations might contribute to the eligibility of these small firms.

1. GİRİŞ

Kamu tarafından çeşitli yöntemlerle verilen maddi veya gayri maddi teşvik ve destekler, ekonomik birimler arası kaynak dağılımını değiştirerek, yararlananların maliyetlerini azaltmaktadır (Rotemberg, 2019). Dolayısıyla, bu destekler yararlanan firmaları diğerlerine göre daha avantajlı noktaya getirebilen önemli bir mali politika aracı olarak değerlendirilebilir. Türkiye’de de istihdamı artırmak, bölgesel yatırımları canlandırmak, Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) ile inovasyon faaliyetlerini desteklemek, küçük ve orta ölçekli firmaların ulusal ve uluslararası düzeyde rekabet gücünü artırmak gibi farklı amaçlarla firmalara çeşitli destekler sunulmaktadır. Yapısı gereği, firma, sektörel ya da bölgesel gelişmişlik farklılıklarını azaltmak için sağlanan bu destekler farklı hedef gruplarına yönelik olduğundan sadece sınırlı bir kesime hizmet edebilmektedir. Öte yandan, mevcut çok sayıdaki destek ve desteklerin karmaşık yapısı hedeflenen kesimin desteklerden yararlanmasını zorlaştırarak faydalarını sınırlandırmaktadır. Firma destekleri, üretimin, istihdamın, verimliliğin ve rekabet gücünün artırılmasında etkili olabileceği gibi, kaynakların verimsiz kullanılması halinde ekonomik kayıplara neden olabilmektedir (Eser, 2011:183). Harcanan kaynakların yaratılan katma değerinde kalması ya da destek süresi sonrasında firma performansının azalması nedeniyle kamu kaynaklarına yönelik bir bağımlılığın oluşması da mümkündür.

Ekonomik faaliyetlerin diğerlerine oranla daha fazla ve hızlı gelişmesini sağlamayı amaçlayan bu politika araçlarının hangi firmalarca kullanıldığını ve firmaları ne şekilde etkilediğini anlamak önemlidir. Türkiye’de de çok sayıda kurum ve kuruluş tarafından, farklı birçok amaç için verilen ve karmaşık bir yapıya sahip destek sisteminde etki analizi yapmak zordur. Nitekim Türkiye’de firma desteklerinin etkilerini konu alan sınırlı sayıda çalışma vardır. Bu çalışmalar, söz konusu desteklerin üretim, istihdam, yatırım ve yenilik gibi firma faaliyetlerini nasıl etkilediğine yönelik olup, genellikle tek bir kurum ya da kuruluş tarafından sunulan teşvik ve desteklerin etkilerine odaklanmaktadır. Tandoğan ve Pamukçu (2011) çalışmalarında TÜBİTAK tarafından verilen desteklerin firmaların Ar-Ge faaliyetlerini nasıl etkilediğini incelerken, Işık Maden ve Dulupçu (2014) KOSGEB Genel Destek Programının üretim, satış, istihdam ve ürün çeşitliliği üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Farklı kurumlar tarafından sunulan desteklere ilişkin veriler mevcut veri setlerinde aynı anda yer almadığından bu desteklerin etkilerini birlikte değerlendirmek güçtür. Öte yandan, bu çalışmada Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB), KOSGEB ve TÜBİTAK’ın sağladığı desteklere ilişkin firma bazında bilgilerin bir arada yer aldığı kapsamlı bir veri seti ilk kez kullanılarak bu desteklerin firma performansıyla ilişkisi incelenmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı KOSGEB, TÜBİTAK ve STB desteklerinin firmaların satış, istihdam ve ihracatlarını nasıl etkilediğini ortaya koymaktır. Bu doğrultuda, öncelikle firma bazlı verilerin avantajı kullanılarak sektör, ölçek ve bölgelere göre desteklerin dağılımı detaylı bir şekilde incelenmiş ve bu dağılımlar destek almayan firmalarla karşılaştırılmıştır. Daha sonra kamu desteklerinden faydalanan firmaların seçilen performans özelliklerine göre farklılaşmasını ortaya koymak amacıyla regresyon analizleri kullanılmıştır. Çalışan sayısı, net satış ve ihracat değişkenleri bu analizlerde performans göstergesi olarak kullanılmıştır. Buna göre, yapılan analizler desteklerden yararlanan firmaların yararlanmayanlara göre performans açısından farklılaştığını göstermektedir.

Çalışmanın ilerleyen bölümleri şu şekilde organize edilmiştir: Giriş bölümünün ardından, çalışma kapsamında yer alan kamu desteklerinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, ele alınan desteklerin etkilerine yönelik yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Dördüncü bölümde çalışma kapsamında kullanılan veri seti ve metodolojiden bahsedildikten sonra, elde edilen bulgulara beşinci bölümde yer verilmiştir. Son bölümde, ortaya çıkan sonuçlara ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır.

2. FİRMA DESTEKLERİNE GENEL BAKIŞ

Türkiye’de firmalara en önemli ve kapsamlı destekler KOSGEB, TÜBİTAK ve STB tarafından sağlanmaktadır. Bu destekler, hedef kitle, yararlanma koşulları, içerik ve destek miktarı açısından farklılık arz etmekle birlikte, genel anlamda firmaların gelişimine katkı sağlamayı hedeflemektedir. KOSGEB destekleri küçük ve orta ölçekteki firmalarda girişimciliğin özendirilmesi ve geliştirilmesini amaçlarken; TÜBİTAK destekleri firmaların Ar-Ge, teknoloji ve yenilikçilik kapasitelerinin geliştirilmesini hedeflemektedir. Yatırım teşvikleri ise firmaların ithalat bağımlılığını azaltmak, teknolojik dönüşümü sağlamak, bölgesel gelişmişlik farklılıklarını azaltmak ve kümelenme faaliyetlerini desteklemeyi amaçlamaktadır.

KOSGEB, küçük ve orta ölçekli firmalara yönelik destekler sunmaktadır. Girişimciliğin özendirilmesi ve geliştirilmesini amaçlayan bu destekler beş ana başlıkta toplanmıştır: (i) Girişimcilik destekleri, (ii) Ar-Ge, teknolojik üretim ve yerileştirme destekleri, (iii) İşletme geliştirme, büyüme ve uluslararasılaşma destekleri, (iv) İŞGEM/TEKMER Programı ve (v) Kredi destekleri. Girişimcilik desteği kapsamında, uygulamalı girişimcilik eğitimleri² ile girişimcilik eğitimini tamamlayan girişimcilerin kurduğu işletmelere kuruluş, makine-

² Örgün eğitim kapsamında verilen girişimcilik dersleri de bu başlık altında sunulmaktadır.

teçhizat, ofis donanım, yazılım, işletme giderleri ve sabit yatırım desteği verilmektedir. Yarışmalarda dereceye girmiş ve kendi işletmesini kuran/kuracak olanlara verilen iş planı ödülleri de girişimcilik desteklerinin bir parçasıdır. Ar-Ge, teknolojik üretim ve yerleştirme destekleri ise, 'Ar-Ge ve inovasyon destek', 'teknolojik ürün destek' ve 'stratejik ürün destek' programlarından oluşmaktadır. Bu programlarda işletmelere yönelik işlik (atölye) tahsisi, kira, makine-teçhizat, donanım, hammadde, yazılım, hizmet alımı giderleri, personel giderleri, proje geliştirme, eğitim-danışmanlık, tanıtım ve pazarlama desteği verilmektedir. İşletme geliştirme, büyüme ve uluslararasılaşma destekleri kapsamında, işletme geliştirme, iş birliği kurma, KOBİ gelişimi, uluslararası kuluçka merkezi kurma, uluslararası hızlandırıcı programlara katılma ve yurtdışı pazar geliştirmeye yönelik destekler sunulmaktadır. İnkübasyon³ hizmeti sağlayacak yapıların kurulması ve işletilmesine yönelik destekler ise İŞGEM/TEKMER programı altında sağlanmaktadır.

KOSGEB'ten farklı olarak TÜBİTAK bünyesinde sunulan destekler her ölçekte firmaya yöneliktir. Diğer yandan, bu destekler altında sadece KOBİ'lere sunulan ya da KOBİ'lere ayrıcalıklı imkân sağlayan programlar da mevcuttur. TÜBİTAK tarafından özel sektör firmalarına sunulan sanayi destek programları, bu firmaların Ar-Ge, teknoloji ve yenilik kapasitelerinin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Sanayi destek programları proje esaslı olup, çağrı usulünce sunulmaktadır. Firma başvuruları önceden belirlenmiş kriterler doğrultusunda hakemler tarafından değerlendirilmekte ve yalnızca uygun bulunan projeler desteklenmektedir. Çalışmaya konu veri setinde yer alan TÜBİTAK destekleri ulusal ve uluslararası olmak üzere iki grupta toplanmıştır. Ulusal destekler altında Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı, KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı, Teknogörünüm Desteği, Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı ve Teknogirişim Sermayesi Desteği Programı yer alırken; uluslararası destekler altında ise Uluslararası Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı bulunmaktadır.

STB tarafından sunulan yatırım teşvikleri, tasarrufları katma değeri yüksek yatırımlara yönlendirmeyi, üretim ve istihdamı artırmayı, uluslararası rekabet gücünü artıracak ve Ar-Ge içeriği yüksek büyük ölçekli yatırımlar ile stratejik yatırımları özendirme ve bölgesel gelişmişlik farklılıklarını azaltmayı amaçlamaktadır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019). Veri setine konu teşvik destekleri dört farklı uygulamadan oluşmaktadır: (i) Genel teşvik uygulamaları, (ii) Bölgesel teşvik uygulamaları, (iii) Büyük ölçekli yatırımlar ve (iv) Stratejik yatırımlar. Bu uygulamalar kapsamında KDV istisnası, gümrük vergisi muafiyeti, vergi indirimi, sigorta primi işçi ve işveren desteği, gelir vergisi stopaj desteği, faiz desteği, yatırım yeri tahsisi ve KDV iadesi sağlanmaktadır. Desteklerin içeriği, yatırımın ölçeğine, sektörüne, konusuna, teknoloji düzeyine ve yerine göre değişmekle birlikte, yatırımın Organize Sanayi Bölgeleri ile Endüstri Bölgelerinde olması da desteğin miktarını etkileyebilmektedir. Bunun yanı sıra, teknolojik bilginin üretilmesi, üretilen bilginin ticarileştirilmesi, ürün ve üretim yöntemlerinde üretim kalitesinin ve standartlarının artırılması, verimliliği artıracak yeniliklerin getirilmesi ve ileri teknoloji yatırımlarının teşvik edilmesi amacıyla kurulan Teknoloji Geliştirme Bölgelerinde⁴ yer alan firmalara STB tarafından, gelir ve kurumlar vergisi istisnası, çalışan gelir vergisi stopaj istisnası, nitelikli istihdama yönelik ücret desteği, sosyal güvenlik işveren prim desteği, KDV istisnası ve girişim sermayesi yatırımlarında vergi teşviki gibi çeşitli destekler sağlanmaktadır.

Görüldüğü gibi çalışma kapsamında ele alınan teşvikler farklı amaca hizmet eden birçok program ve destek unsurundan oluşmaktadır. Çeşitli destek programlarından yararlanan firmaların özelliklerini ortaya koymak bundan sonra yapılacak daha kapsamlı analizlere temel oluşturması açısından önemlidir. Teşviklerden yararlanan firmaların özelliklerini ortaya koymak amacıyla kullanılan veri seti ve kullanılan yöntem bir sonraki bölümde sunulmuştur.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde kamu teşvik ve desteklerinin etkilerine yönelik çalışmalar yer almakla birlikte, söz konusu desteklerin çeşitli ve çok sayıda olması etkilerinin ölçülmesini zorlaştırmaktadır. Bunun yanı sıra, bazı destekler yapısı gereği 'otomatik', bazı destekler de 'seçici'dir. Otomatik destekler ilgili mevzuattan gelen koşulların sağlanması halinde firmalara doğrudan verilirken, seçici desteklerde genellikle uzman görüşüne dayalı değerlendirmeler (bireysel ya da komite) doğrultusunda desteklerden yararlanılabilir. Seçici desteklerde gözlenen rekabetçi yapının otomatik desteklerde olmaması bu tarz desteklerin aynı anda değerlendirilmesini güçleştirmektedir (Colombo ve diğerleri, 2011). Ayrıca, ülkelerin kendi ekonomik

³ Özellikle genç ve yeni işletmeleri geliştirmek amacıyla; girişimci firmalara ofis hizmetleri, ekipman desteği, yönetim desteği, mali kaynaklara erişim, kritik iş ve teknik destek hizmetlerinin bir çatı altında tek elden sağlandığı yapılar altında sunulan hizmetlerdir.

⁴ Teknoloji Geliştirme Bölgeleri, yüksek/ileri teknoloji kullanan ya da yeni teknolojilere yönelik firmaların, belirli bir üniversite veya yüksek teknoloji enstitüsü ya da Ar-Ge merkez veya enstitüsünün imkânlarından yararlanarak teknoloji veya yazılım ürettikleri/geliştirdikleri, teknolojik bir buluşu ticari bir ürün, yöntem veya hizmet haline dönüştürmek için faaliyet gösterdikleri ve bu yolla bölgenin kalkınmasına katkıda buldukları, aynı üniversite, yüksek teknoloji enstitüsü ya da Ar-Ge merkez veya enstitüsü alanı içinde veya yakınında; akademik, ekonomik ve sosyal yapının bütünleştiği siteyi veya bu özelliklere sahip teknoparkı ya da teknokenti ifade eder (STB, 2022).

dinamikleri doğrultusunda söz konusu destekleri şekillendirmesi de ülkeler arası karşılaştırmalı analizlerin yapılmasını engellemektedir. Nitekim birden fazla ülkeyi kapsayan çalışmalar, ülke bazlı çalışmaların sonuçlarının kullanıldığı meta analizlere dayanmaktadır (Cravo ve Piza, 2016; Dimos ve Pugh, 2016; Correa ve diğerleri 2013; Belgin ve Balkan, 2019). Dolayısıyla, literatürde yer alan çalışmalar çoğunlukla bir ya da birkaç desteğin etkilerine odaklanarak, kamu destek ve teşviklerinin verimlilik, yatırım, harcama, üretim, inovasyon ve istihdam üzerindeki etkilerini incelemektedir. Ancak, son yıllarda çalışmalar firmaların birden fazla destekten aynı anda yaralanması durumunun göz ardı edilmesi halinde, analizlerde gözlenemeyen bir yanlılığın oluştuğunu ortaya koymaktadır (Dumont, 2017; Busom ve diğerleri, 2015; Guerzoni ve Raiteri, 2015). Ampirik çalışmalarda kullanılan analizlerde makro verilerin yanı sıra firma düzeyinde mikro veriler de kullanılmaktadır. Bu çalışmada olduğu gibi mikro verilerinin kullanılması, kamu desteklerinin firma yapısı, büyüklüğü ve yaşı gibi alt kırılımlarda etkilerinin görülebilmesine imkân vererek, bu desteklerin amacına ve hedef gruplarına göre şekillendirilebilmesi açısından avantaj sağlamaktadır.

GBS verilerinin kullanıldığı bu çalışmada KOBİ'lere yönelik destekler ile Ar-Ge ve yatırım desteklerinin betimsel analizi yapılmaktadır. Bu nedenle, bu bölümde söz konusu desteklere yönelik yapılan çalışmalara yer verilecektir.⁵ Öncelikle, kamu tarafından sunulan Ar-Ge desteklerine yönelik olanlara bakılırsa, bu alanda vergi sübvansiyonları başta olmak üzere proje finansmanı, hibe programları ve beşerî sermaye desteklerinin etkileri incelenmektedir. Bu çalışmalarda, Ar-Ge desteklerinin ekonominin genelindeki ya da firmaların Ar-Ge faaliyetleri, yatırımları ve harcamaları üzerindeki etkileri analiz edildiği gibi, bu desteklerin büyüme, istihdam, satış ve yenilik üzerindeki yayılımcı etkileri de araştırılmaktadır. Literatürdeki çalışmalar Ar-Ge'ye yönelik vergi indirimlerinin çoğunlukla Ar-Ge harcamaları ile yatırımları artırdığına işaret eder (Appelt ve diğerleri, 2016; Rao, 2016; Becker, 2015; Yang ve diğerleri, 2012; Czarnitzki ve diğerleri, 2011; Hall ve Van Reenen, 2000). Öte yandan, Ar-Ge'ye yönelik kamu hibe desteklerinin yatırımları artırdığını bulan çalışmaların (Huergo ve Moreno, 2017; Carboni, 2011; Tandoğan, 2011) yanı sıra bu hibelerin yatırımları dışladığını bulan çalışmalar da (Cerulli ve Pot'ı, 2012; Hussinger, 2008) mevcuttur. Diğer bir değişle, firmalar destek almadan yapabilecekleri yatırımların bazılarını kamu hibeleriyle finanse etmeyi tercih eder. Bu durumda, ilave yatırım yaratılmasından ziyade, aksi halde olacak yatırımın kamu eliyle finanse edilmesi söz konusudur. Kamu ve firmalar arasındaki bilgi eksikliği gibi piyasa aksaklıklarının neden olduğu dışlama etkisi, kaynakların verimsiz kullanımına sebep olduğundan pek çok çalışmaya konu olmuştur (Görg ve Strobl, 2007). Ancak, kamu desteklerinin ne kadarının yatırımları dışladığına ilişkin literatürde görüş birliği bulunmamaktadır. Dolayısıyla, Ar-Ge hibelerinin yarattığı katkısallık, yani firmaların Ar-Ge faaliyetlerini Ar-Ge hibeleri olmasa da gerçekleştirebileceği konusu tartışmalıdır. Benzer şekilde, literatürde Ar-Ge desteklerinin verimlilik üzerindeki etkilerine yönelik görüş birliği bulunmamaktadır. Örneğin, Koski ve Pajarinen (2015), Finlandiya'da sunulan Ar-Ge desteklerinin toplam faktör verimliliğini (TFV) etkilemediğini bulurken; Niininen (2000) ise Finlandiya imalat sanayiinde sunulan Ar-Ge desteklerinin TFV üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu bulmuştur. Öte yandan, Ar-Ge desteklerinin marka, patent, yeni ürün satışı gibi yenilik çıktıları üzerinde olumlu etkisini bulan pek çok sayıda çalışma mevcuttur (Szczygielski ve diğerleri, 2017; Howell, 2017a; Howell, 2017b; Le ve Jaffe, 2017; Cappelen ve diğerleri, 2012; Czarnitzki ve diğerleri, 2011). Ayrıca, daha az sayıda olmakla birlikte, Ar-Ge desteklerinin küçük firmalar ile finansal kısıtı fazla olan firmalarda daha etkili olduğuna ilişkin çalışmalar da bulunmaktadır (Howell, 2017b; Liu ve diğerleri, 2016; Bronzini ve Pisell, 2016). Ar-Ge destekleri aracılığıyla kamu finansmanına erişimin sağlanması küçük ve finansal kısıtı olan firmalarda daha önemli olduğundan, bu destekler Ar-Ge çalışmalarının yürütülmesinde daha etkili olabilmektedir (Gonzalez ve Pazo, 2008).

İkinci olarak, girişimciliğin geliştirilmesini amaçlayan KOBİ destekleri ele alınırsa, bu desteklerin temelde bilgi asimetrisi ve yüksek işlem maliyetleri gibi piyasa aksaklıklarının giderilmesine yönelik olduğu görülmektedir. Bu anlamda KOBİ'lere yönelik danışmanlık ve eğitim hizmetleri, kredi ve proje finansmanı, inovasyon, yatırım ve ihracat desteği gibi çok sayıda başlangıç dönemi desteği sunulmaktadır (Dvoulety ve diğerleri, 2021). Küçük ve orta ölçekli işletmelere yönelik desteklerin incelendiği çalışmalar, ürün kalitesi, üretim/satış/ihracat hacmi, verimlilik ve yaşam süresi gibi çok çeşitli performans göstergelerine odaklanmaktadır. Gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkelerde istihdamın önemli bir bölümünü oluşturan küçük ve orta ölçekli işletmelere yönelik bu desteklerin istihdam yaratma kabiliyeti üzerindeki etkileri de sıklıkla ele alınan bir konudur (Cravo ve Piza, 2016). Söz konusu çalışmalar büyük ölçüde KOBİ desteklerinin istihdamı artırdığını ortaya koymaktadır (Cravo ve Piza, 2016; Arraiz ve diğerleri, 2013; Lopez-Acevedo ve Tinajero, 2010). Bunun yanı sıra, KOBİ desteklerinin üretim/satış/ihracat ve verimlilik gibi pek çok alanda katma değer yarattığını bulan çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Bruhn ve diğerleri (2012), Meksika'ya ait 1994-2005 yılları firma verilerini kullanarak, KOBİ danışmanlık desteklerinin firma satış ve kârı üzerinde pozitif bir etki yarattığını bulmuştur. Testa ve diğerleri (2019) çalışmalarında, KOBİ'lere yönelik Ar-Ge hibe ve desteklerinin bu işletmelerde Ar-Ge kapasitesinin artırdığını bulmuşlardır. Decramer

⁵ Kamu tarafından sağlanan destek ve teşviklere yönelik etki analizlerinde kullanılan destek türleri ile bu çalışmalarda ele alınan çıktılarına ilişkin özet bilgiler Tablo 1'de sunulmaktadır.

ve Vanormelingen (2016), Belçika'da uygulanan KOBİ yatırım destek programlarının TFV, satış, katma değer, işgücü verimliliği ve sabit sermaye yatırımlarını pozitif etkilediğine yönelik bulgular elde etmiştir. Öte yandan, KOBİ'lere sağlanan desteklerin girişimciliği güçlendirmede ve bütün desteklerin aynı ölçüde etkili olmadığını ortaya koyan çalışmalar da bulunmaktadır (Shorj ve diğerleri 2019; Banai ve diğerleri, 2017; Koski ve Pajarinen, 2013). Bu durum, söz konusu programların tasarım ve uygulama açısından farklılık göstermesinin yanı sıra program performanslarının farklılaşmasından da kaynaklanabilir (Lopez-Acevedo ve Tinajero, 2011).

Üçüncü olarak bu bölümde, kamunun sunduğu yatırım desteklerinin etkilerine yönelik çalışmalara yer verilecektir. Bu destekler genellikle öncelikli alanlarda yatırımları teşvik etmeye yönelik olup, bölgesel ve sektörel farklılıkların azaltılmasına hizmet etmektedir. Ülkelerin yatırım desteklerinde önceliklerinin farklılaşması, bunların etkileri üzerinde görüş birliğinin sağlanmasını güçleştirmektedir. Brachert ve diğerleri (2018), Almanya'nın en büyük yatırım destek programının 2007-2013 arasında firma performansına etkilerini incelemiş olup, bu programların firmalarda çalışan sayısını artırırken rekabet üzerinde etkili olmadığını bulmuştur. Criscuolo ve diğerleri (2016) ise, Birleşik Krallık'ta uygulanan bölgesel desteklerin bu desteklerden yararlanan firmalarda istihdam ve yatırımları olumlu etkilediğini, ancak bu etkilerin sadece küçük firmalarda anlamlı olduğunu bulmuştur. Cerqua ve Pellegrini (2014) çalışmalarında İtalya'da az gelişmiş bölgelerde sunulan yatırım desteklerinin firmaların yatırım ve istihdam performansını artırdığını bulmuştur. Öte yandan, Neumark ve Kolko (2010), Kaliforniya'da sağlanan bölgesel girişim desteklerinin istihdamı etkilemediğini; Briant ve diğerleri (2015) ise Fransa'nın kentsel bölge programının istihdam üzerinde heterojen etkileri olduğunu bulmuştur.

Tablo 1. Etki analizlerinde kullanılan destek türleri ve çıktılar

<i>Destek Türü</i>	<i>Bağımlı Değişken</i>	<i>Çalışma(lar)</i>	<i>Etki</i>
Ar-Ge Destekleri	Yatırım ve Harcamalar	Appelt ve diğerleri (2016); Rao (2016); Becker (2015); Yang ve diğerleri (2012); Czarnitzki ve diğerleri (2011); Hall ve Van Reenen (2000); Huergo ve Moreno (2017); Carboni (2011); Tandoğan (2011)	Maliyetlerdeki düşüşün Ar-Ge yatırım ve harcamaları üzerinde pozitif etkisine rastlanmıştır.
	Toplam Faktör Verimliliği	Niininen (2000); Koski ve Pajarinen (2015);	Ar-Ge yatırım desteklerinin toplam faktör verimliliği üzerindeki etkisine yönelik görüş birliği bulunmamaktadır.
	Yenilik Faaliyetleri	Szczygielski ve diğerleri (2017); Howell (2017a); Howell (2017b); Le ve Jaffe (2017); Cappelen ve diğerleri (2012); Czarnitzki ve diğerleri (2011)	Marka, patent ve ürün geliştirme üzerinde pozitif etkilere rastlanmıştır.
KOBİ'lere Yönelik Destekler	İstihdam	Cravo ve Piza (2016); Arraiz ve diğerleri (2013); Lopez-Acevedo ve Tinajero (2010)	KOBİ desteklerinin istihdam üzerinde pozitif etkisi bulunmuştur.
	Üretim, Satış, İhracat	Bruhn ve diğerleri (2012); Decramer ve Vanormelingen (2016)	KOBİ'lere yönelik desteklerin üretim, satış ve ihracatı artırdığı bulunmuştur.
Yatırım Destekleri	İstihdam	Brachert ve diğerleri (2018); Criscuolo ve diğerleri (2016); Cerqua ve Pellegrini (2014); Briant ve diğerleri (2015)	Yatırım desteklerinin çalışan sayısını artırdığı bulunmuştur.
	Yatırım	Cerqua ve Pellegrini (2014); Brachert ve diğerleri (2018);	Desteklenen firmalarda yatırım davranışları üzerinde pozitif etkilere rastlanmıştır.

Son olarak, Türkiye'de sunulan firma desteklerine yönelik yapılan çalışmalara bakılırsa, bunların görece az sayıda olduğu görülmektedir. Sınırlı sayıdaki bu çalışmalar çoğunlukla tek bir kurum ya da kuruluş tarafından sunulan destek ve teşviklerin etkilerine yöneliktir. Bu çalışma ise Türkiye'de sunulan firma desteklerine ilişkin sınırlı literatüre katkı sağlarken, STB, KOSGEB ve TÜBİTAK tarafından verilen destek ve teşviklerin aynı anda ele alındığı ilk çalışma özelliğindedir. Dünya Bankası (2019), TÜBİTAK ve KOSGEB tarafından verilen desteklerin, Ar-Ge, inovasyon, istihdam ve firma verimliliği üzerindeki etkilerini incelemiştir. Buna göre, söz konusu desteklerin istihdam üzerinde olumlu etkileri bulunurken, bu etkilerin KOSGEB desteklerinde daha fazla olduğu görülmüştür. TÜBİTAK desteklerinin ise Ar-Ge faaliyetleri ve

inovasyon üzerinde KOSGEB'e göre daha fazla bir etkisi olduğu bulunmuştur. Bu durumun temelinde firma desteklerinin yapısından kaynaklandığı düşünülebilir. KOSGEB destekleri KOBİ'lerin gelişimine, TÜBİTAK destekleri ise firmaların inovasyon kapasitesinin geliştirilmesine yöneliktir. Bunun yanı sıra, KOSGEB ve TÜBİTAK desteklerinin firmalar üzerindeki etkilerini analiz etmeye yönelik münferit çalışmalar da bulunmaktadır. Işık Maden ve Dulupçu (2014), Burdur ve Isparta illerinde 294 KOBİ üzerine yaptıkları ankete dayalı çalışmalarında, KOSGEB desteklerinin istihdam, üretim miktarı ve satış hacmi üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkisi olduğunu bulmuştur. Özçelik ve Taymaz (2008) çalışmalarında TÜBİTAK hibeleri ile Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı kredilerinin Ar-Ge harcamaları ile yatırımlarını artırdığını bulmuştur. Bunun yanı sıra, çalışmada Ar-Ge hibe ve kredilerinin vergi desteklerine göre daha etkili olduğuna ilişkin bulguya rastlanmıştır. Tandoğan ve Pamukçu (2011) çalışmalarında TÜBİTAK tarafından verilen Ar-Ge desteklerinin, Ar-Ge harcamaları ile faaliyetlerine etkilerini 2003-2006 yılları Yapısal İş İstatistiklerini kullanarak incelemiştir. Çalışmada Ar-Ge'ye yönelik desteklerin Ar-Ge yoğunluğu, çalışan başına Ar-Ge harcaması, Ar-Ge personeli oranı ile ihracat ve ithalat yoğunluğuna ilişkin kısa vadeli etkilerine rastlanmamıştır. STB tarafından sunulan desteklerin etkilerini inceleyen çalışmalarda ise yatırım desteklerinin istihdam üzerinde anlamlı etkilerine rastlanmazken, sigorta prim teşviklerinin kayıtlı istihdama geçiş konusunda etkili olduğu değerlendirilmektedir (Betcherman ve diğerleri, 2010; Karaalp, 2014; Yanıkaya ve Karaboğa, 2017).

4. YÖNTEM

4.1. Veri Seti

Çalışmada ağırlıklı olarak STB bünyesinde yer alan Girişimci Bilgi Sistemi (GBS) verilerinden yararlanılmıştır. GBS farklı kamu kurum ve kuruluşlar tarafından derlenen girişim bazlı idari kayıtları farklı veri alanlarında ortak standartlar çerçevesinde birleştiren bir sistemdir. Girişimlere ait bilanço ve gelir tabloları "Finansal Tablolar"; girişim ve çalışan düzeyinde çalışan sayısı ve ücretler "Çalışan Bilgileri"; girişim düzeyinde ihracat ve ithalat miktar ve değer verileri "Dış Ticaret Bilgileri", girişim düzeyinde patent, faydalı model, endüstriyel tasarım ve marka başvuru sayısı "Fikri ve Sınai Mülkiyet Haklarına İlişkin Bilgiler"; girişim bazında KOSGEB destek, kullanılan kredi ve kredi katkı miktarı ile TÜBİTAK destek miktarı "Verilen Destek ve Kullanılan Kredi Bilgileri" alanlarında yer almaktadır. Girişimlere özel kimlik numaraları farklı alanlarda yer alan verileri eşleştirme olanağı sağlamaktadır. KOSGEB ve TÜBİTAK desteklerine ek olarak girişim bazında STB tarafından verilen yatırım teşvik belgelerine ilişkin destek sınıfı, yatırımın cinsi ve miktarı gibi değişkenler GBS verileri ile eşleşmeye olanak verecek şekilde maskelenerek tarafımıza sağlanmıştır. Veri setinde finansal tablolar, sicil bilgileri ile dış ticaret faaliyetlerine ilişkin bilgiler 2006 yılından itibaren; destek ve teşviklere ilişkin bilgiler ise KOSGEB için 2010, TÜBİTAK için 2008 ve yatırım teşvik desteklerine ait veriler ise 2012 yılından itibaren mevcuttur.

Tablo 2'de firma desteklerine ait alt programlar ve faydalanan firma sayısı yer almaktadır. Buna göre, KOSGEB, TÜBİTAK ve STB destekleri sırasıyla 28, 6 ve 4 alt programdan oluşmaktadır. Firma desteklerinin tamamı içerisinde KOSGEB altında yer alan kredi destekleri en fazla faydalanan destek türüdür. 2010-2016 yılları arasında firmalar ortalama 39.833 kez bu destekten faydalanmıştır. Benzer şekilde bu grup altında yer alan işletme geliştirme, büyüme ve uluslararasılaşma destekleri ile girişimcilik destekleri de faydalanma sayısının en fazla olduğu programlardır. STB ile TÜBİTAK desteklerinde ortalama faydalanma sayısı ise görece olarak düşüktür.

Tablo 2. Firma destekleri

Program	Alt program sayısı	Faydalanılan firma sayısı
KOSGEB		
Girişimcilik Destekleri	3	11.971
Ar-Ge, teknolojik üretim ve yerleştirme destekleri	9	1.035
İşletme geliştirme, büyüme ve uluslararasılaşma destekleri	14	25.739
İŞGEM/TEKMER Programı	1	2
Kredi destekleri	1	39.833
TÜBİTAK		
Ulusal	5	1.703
Uluslararası	1	73
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı		
Bölgesel Teşvik	1	2.383
Büyük Ölçekli Yatırımlar	1	13
Genel Teşvik	1	1.867
Stratejik Yatırımlar	1	8

Not: GBS verilerinden yazarın hesaplamaları. Faydalanılan program sayısı ilgili dönemde ortalama yararlanma sayısıdır. Alt program sayısı da veri setinde yer alan detay programların sayısına karşılık gelmektedir. KOSGEB destekleri 2010-2016 dönemini, TÜBİTAK destekleri 2008-2018 dönemini ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı destekleri 2012-2018 dönemini kapsamaktadır.

4.2. Metodoloji

Teşvik uygulamaları çok çeşitli olup herhangi bir destekten yararlanabilmesi firmanın önceden belirlenmiş çeşitli kriterleri taşımasına bağlıdır. Söz konusu kriterler farklılık göstermekle birlikte desteklerden yararlanabilen firmaların diğer firmalara kıyasla daha iyi performans gösterdiği düşünülebilir. Tablo 3'te veri setindeki firmaların seçili özellikleri destek alma durumuna göre karşılaştırılmıştır. Desteklerden bağımsız firma özelliklerinin karşılaştırılabilmesi için ortalama değerler, firmaların destek almaya başlamadan önceki dönemler için hesaplanmıştır. Buna göre, destek alan firmaların destek almaya başlamadan önce reel net satışları ve reel varlıkları almaya başlamayan firmalara göre daha fazladır (Tablo 3, Satır 1 ve Satır 3). Öte yandan, söz konusu firmalar arasında çalışan sayısı (Tablo 3, Satır 2) ile 50 ve daha üzeri çalışanı olma durumuna (Tablo 3, Satır 6) göre anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Sektörlere göre bakıldığında, destek almadan önce firmaların sanayi ya da hizmet sektöründe faaliyet gösterme olasılığının destek almaya göre daha fazla (Tablo 3, Satır 7 ve Satır 8) olduğu görülmektedir. İhracat yoğunluğu ise destek alma durumuna göre fazla değişmemektedir.

Tablo 3. Özet istatistikler (Ortalama değer)

	Destek Almayan	Destek Alan	Fark
Reel net satış ⁽¹⁾	7,26 (2,16)	7,55 (1,54)	-0,29***
Çalışan sayısı ⁽¹⁾	1,38 (1,15)	1,39 (1,12)	-0,01
İhracat yoğunluğu	0,04 (0,18)	0,03 (0,17)	0,00**
Reel varlıklar ⁽¹⁾	6,88 (2,72)	7,36 (1,72)	-0,48***
Firma yaşı	7,23 (7,37)	7,94 (7,40)	-0,71***
Firma büyüklüğü ^{(2), (3)}	0,03	0,03	0,00
Sanayi ⁽²⁾	0,14	0,17	-0,06***
Hizmet ⁽²⁾	0,71	0,73	-0,02*

Not: GBS verilerinden yazarların hesaplamaları. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Sürekli değişkenler için standart sapmalar parantez içinde verilmiştir. Destek alan firmaların destek almadan önceki özellikleri destek almaya başlamayan firmalarınkiyle karşılaştırmalı sunulmuştur.

(1) Logaritmik değer.

(2) İlgili değişken için kukla değeri.

(3) 50 ve daha fazla çalışanı olan firmalar büyük firma olarak tanımlanmıştır.

Desteklerden yararlanan firmaların seçilen performans ölçütlerine göre diğerleriyle farklılaşması regresyon analizleri ile incelenmiştir. Çalışan sayısı, ihracat hacmi ve satışlar, firmaların performans ölçütü olarak değerlendirilmiş ve aşağıdaki regresyon modeli tahmin edilmiştir.

$$\ln Perf_{it} = \gamma + \beta \ln Perf_{it-1} + \delta^j I_{it}^j + \gamma X_{it} + \theta_t T_t + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de $\ln Perf_{it}$ i firmasının t yılındaki performansının logaritmasını ifade etmektedir. Veri setinde çalışan sayısı yılın üçüncü, altıncı, dokuzuncu ve son ayı için mevcut olduğundan, yıl içindeki ortalama çalışan sayısı modele alınmıştır. Net satışlar ve ihracat üretici fiyatlarıyla reelleştirilmiştir. Eşitlikte I_{it}^j destek ve teşviklerden yararlanmayı gösteren kukla değişkendir. i firması t yılında j desteğinden yararlanmaya başlamış ise bu değişken t yılından itibaren 1; destekten yararlanmadan önceki yıllar için de 0 değerini almaktadır. Destek kukla değişkeni, firmaların STB, KOSGEB ve TÜBİTAK'a ait desteklerden yararlanmasına karşılık gelmektedir. Sıfır faizli kredi desteği KOSGEB desteklerinden yararlanan firma sayısında ciddi bir sıçramaya neden olduğundan KOSGEB'e ilişkin destek kukla değişkenine krediler dahil edilmemiştir⁶. X_{it} toplam reel varlıkların⁷ logaritmik değeri ile ihracatçı olma durumunu gösteren kukla değişkenini içeren firmaya özel kontrol değişkenlerine karşılık gelmektedir. T_t makroekonomik gelişmeleri kontrol etmek amacıyla yıl kukla değişkenlerini, ε_{it} regresyondaki hata terimini, α_i firma sabit etkilerini göstermektedir. Bölgesel farklılıkları kontrol etmek amacıyla Düzey-2 bölge kukla değişkenleri de regresyon modellerine dahil edilmiştir.

Bağımlı değişkenin gecikmeli değerini içeren dinamik panel veri modelleri, 2012-2018 yıllarını⁸ kapsayan ve yukarıda detayları sunulan veri seti kullanılarak sistem Genelleştirilmiş Momentler Metodu (sistem-GMM) ile tahmin edilmiştir. Bütün modellerde Arellano-Bover/Blundell-Bond tahmin edicileri kullanılmıştır (Arellano ve Bover, 1995; Blundell ve Bond, 1998). Söz konusu yöntem, (i) zaman periyotlarının kısa gözlem sayısının ise büyük olduğu; (ii) bağımlı değişkenin dinamik yapıya sahip olduğu; (iii) bağımsız değişkenlerin tamamıyla dışsal olmadığı; (iv) sabit bireysel etkilerin olduğu ve (v) bireyler arasında değişen varyans ve otokorelasyonun olmadığı durumlarda kullanılabilir (Roodman, 2009). Çalışmada destek alan firmaların bazı göstergeler açısından destek alamayan firmalara göre daha iyi performans gösterdiği görülmektedir (Tablo 3). Bu durum, açıklayıcı değişken olarak modele alınan performans göstergelerinin tamamıyla dışsal olmayabileceğine işaret eder. Arellano-Bover/Blundell-Bond tahmin edicileri, verileri ortogonal sapmalar yöntemiyle dönüştürerek olası dışsallığı ortadan kaldırmaktadır. Ortogonal sapmalar yönteminde, değişkenler gelecekteki tüm değerlerinin ortalamasından çıkarılarak dönüştürülür. Gecikmeli gözlemler dönüşüme dahil olmadığından, bunlar araç değişken olarak kullanılabilir (Roodman, 2009).

5. BULGULAR

5.1. Kamu Destek ve Teşviklerinden Yararlanma Durumuna Göre Firmaların Yapısı

Çalışmanın bu bölümünde, firma bazlı veriler kullanılarak KOSGEB, TÜBİTAK ve STB tarafından verilen desteklerden yararlanan firmalar ile bu desteklerden yararlanmayan firmaların yapısı incelenecektir. Tablo 4'e göre 2018 yılında veri setinde yer alan 1.375.558 firmadan 69.535'i bu desteklerden faydalanırken, 1.306.053'ü faydalanmamıştır.⁹ Yıllar itibarıyla bakıldığında, bütün teşviklerin uygulamada olduğu 2012 yılından itibaren desteklerden yararlanma oranının ortalama %3,5 ile sınırlı kaldığı görülmektedir (Şekil 1). 2017 yılında uygulanan Sıfır Faizli İşletme Kredisi Desteği Programı, KOSGEB desteklerinden yararlanan firma sayısında bu yıl için önemli bir sıçramaya neden olarak yararlanma oranını 2017 yılında %23,8'e çekmiştir.

⁶ Benzer şekilde, firmanın herhangi bir destekten yararlanma durumuna karşılık gelen kukla değişkene, KOSGEB kredileri dahil edilmemiştir.

⁷ Reel varlıklar, toplam aktif varlıkların üretici fiyatları ile reeleştirilmesiyle elde edilen değere karşılık gelmektedir.

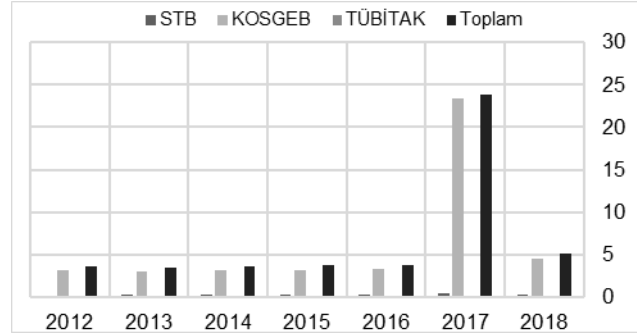
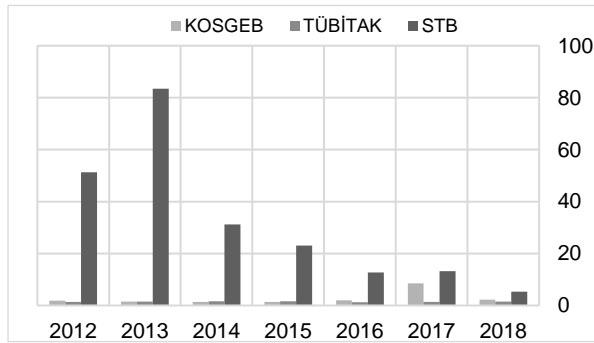
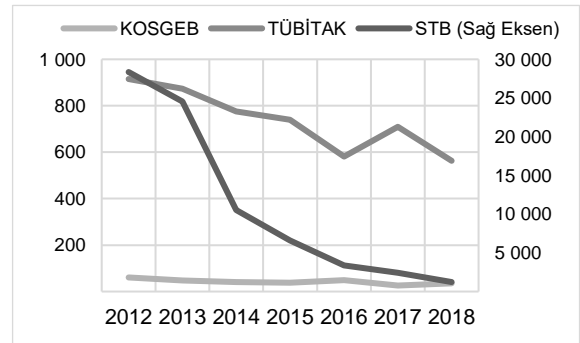
⁸ Veri setinin yapısından dolayı, farklı desteklere ilişkin veriler farklı yıllarda başlamaktadır. Bu nedenle, regresyon analizleri bütün desteklere ilişkin bilginin olduğu 2012-2018 dönemini kapsamaktadır.

⁹ Çalışmada kullanılan veri setinde KOSGEB'e ilişkin destekler 2010 yılından, STB'ye ilişkin destekler ise 2012 yılından başlamaktadır. KOSGEB ve STB destekleri önceki yıllar için mevcut olmasına rağmen, veri setinde yer olmadığından, 2008-2010 döneminde STB desteklerinden, 2008-2009 döneminde KOSGEB desteklerinden yararlanan firma sayısı görünmemektedir.

Tablo 4. Destek alan ve almayan firma sayısı

Yıllar	STB	KOSGEB	TÜBİTAK	Destek Almayan
2008	-	-	769	833.528
2009	-	-	1.378	860.104
2010	-	16.531	1.349	872.782
2011	-	54.726	1.396	879.421
2012	1.808	31.438	1.495	941.195
2013	3.398	30.661	1.775	999.887
2014	2.965	35.016	2.127	1.057.571
2015	3.500	37.303	2.199	1.116.070
2016	3.765	40.229	2.052	1.162.963
2017	5.414	331.691	1.967	1.083.523
2018	4.321	62.639	2.575	1.306.053

Firmalara sağlanan toplam ve ortalama destek büyüklüğü Şekil 2 ve Şekil 3'te yer almaktadır.¹⁰ Firma sayısı artmakla birlikte, TÜBİTAK ve STB desteklerinde firma başına destek büyüklüğü yıllar itibarıyla azalan bir seyir izlemektedir. KOSGEB desteklerinde ise son iki yılda yararlanan firma sayısındaki hızlı artışa rağmen, firma başına destek miktarının yatay bir seyir izlediği görülmektedir. Firma başına yararlanan kamu desteklerinin dağılımına bakıldığında, firmaların %70'inden fazlasının¹¹ yalnızca bir tane destekten yararlandığı görülmektedir. Çok sayıda ve çeşitli teşviklerin mevcut olması ve sıklıkla uygulamaların değişmesi firmaların birden fazla destekten yararlanmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca, KOSGEB ve TÜBİTAK desteklerinde belirli bir firma grubu hedeflendiğinden, firmaların yararlanabileceği destek sayısı da sınırlıdır.

**Şekil 1. Destek türüne göre yararlanma oranı (%)****Şekil 2. Toplam destek büyüklüğü (milyon TL, 2003 fiyatlarıyla)¹²****Şekil 3. Ortalama destek büyüklüğü (TL, 2003 fiyatlarıyla)¹³**

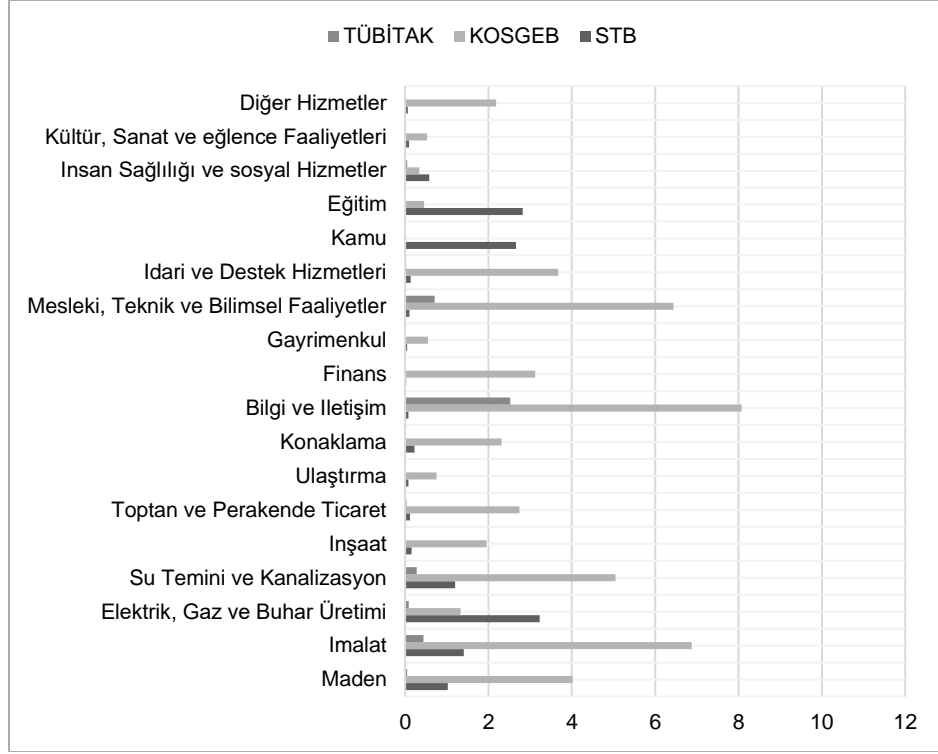
¹⁰ Veri setindeki destek ve teşviklerin bazıları muafiyet bazıları da hibe şeklinde sunulmaktadır. TÜBİTAK desteklerinin büyük çoğunluğu hibeyken, KOSGEB ya da STB tarafından sağlanan vergi, KDV ve prim destekleri kısmi/tamamen muafiyet şeklinde sağlanmaktadır. Muafiyet şeklinde sağlanan destekler, STB ve KOSGEB'e ait toplam destek miktarlarının görece düşük kalmasına neden olabilmektedir.

¹¹ GBS verileri ile yazarın hesaplaması.

¹² ÜFE ile reelleştirilmiştir.

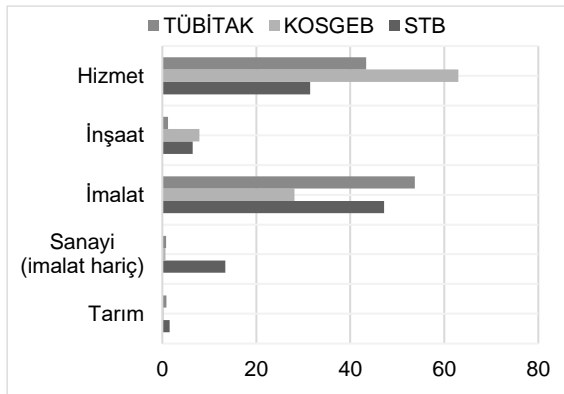
¹³ Ortalama destek miktarı, toplam destek miktarının yararlanan firma sayısına oranıdır. ÜFE ile reelleştirilmiştir.

Sektörler itibarıyla kamu desteklerinden yararlanma oranı Şekil 4'te sunulmaktadır. Buna göre 2018 yılında KOSGEB ve TÜBİTAK desteklerinden en fazla bilgi ve iletişim sektörü (sırasıyla %8,1 ve %2,5) yararlanırken, STB desteklerinden en fazla yararlanan sektör ise elektrik, gaz ve buhar üretimi (%3,2) olmuştur. Bütün destek türleri için imalat ve mesleki, teknik ve bilimsel faaliyetler sektörlerinde de yararlanma oranlarının yüksek olduğu dikkat çekmektedir.

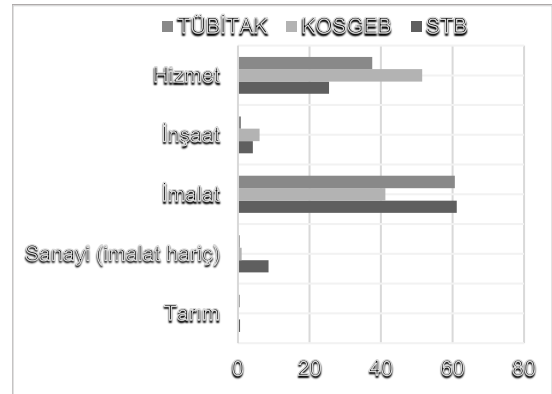


Şekil 4. Sektörler itibariyle destek türüne göre yararlanma oranı (2018)

Desteklerden yararlanan firmaların sektör ve program türüne göre dağılımlarına bakıldığında, KOSGEB desteklerinde %63 ile hizmet sektörü başı çekerken, TÜBİTAK ve STB desteklerinde imalat sanayi en büyük paya sahiptir (sırasıyla %43,4 ve %31,4) (Şekil 5). Destek miktarının sektörler arası dağılımına bakıldığında ise imalat sanayinin aldığı pay KOSGEB, TÜBİTAK ve STB desteklerinde sırasıyla %41,2, %60,6 ve %61,2'dir (Şekil 6). Şekillerden de anlaşılacağı üzere, program sayısı ve destek miktarı açısından sanayinin yaklaşık %90'ını oluşturan imalat sanayi firmalarının ortalamada daha yüksek bütçeli desteklerden yararlandığı gözlenmiştir.¹⁴



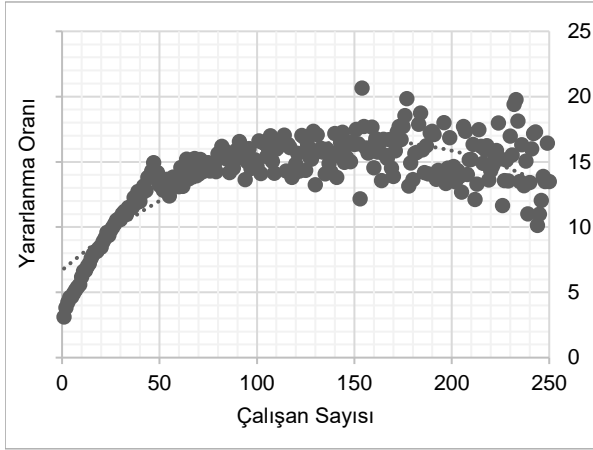
Şekil 5. Destek alan firmaların sektörlerle göre dağılımı (%)



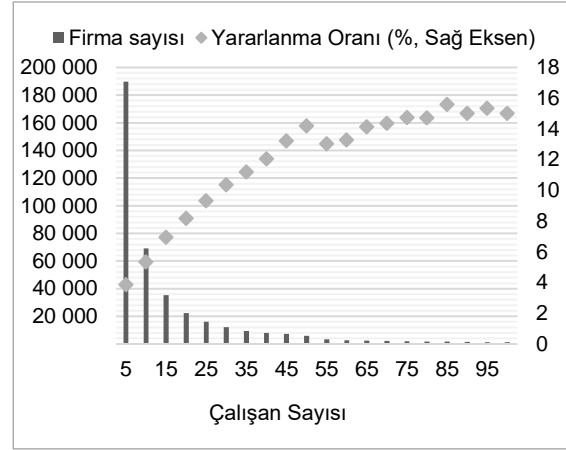
Şekil 6. Verilen destek miktarının sektörlerle göre dağılımı (%)

¹⁴ 2008-2018 yılları içerisinde program sayısı açısından imalat sektörü sanayinin ortalamada %94'ünü, destek miktarı açısından da %89,8'ini oluşturmaktadır.

Ölçek yapısına bakıldığında, mikro (1-9 çalışanlı) ve küçük (10-24 çalışanlı) firmaların destek alanlar içerisinde ağırlıklı olduğu görülmektedir (Şekil 7). Nitekim STB, KOSGEB ve TÜBİTAK desteği alan firmalar içinde bu firmaların payı sırasıyla %39,8, %82,1 ve %46,6'dır. Ayrıca, firma ölçeği ile yararlanma oranı arasında STB ve TÜBİTAK destekleri için lineere yakın bir ilişki görülürken, KOSGEB desteklerinde ikinci dereceden bir ilişki söz konusudur (Şekil A1-A3). Desteklerin tamamı dikkate alındığında da yararlanma oranı, çalışan sayısının artmasıyla önce artmakta, daha sonra ise azalmaktadır. Ölçeğe göre yararlanma oranındaki artış hızının yünden az çalışanı olan firmalarda daha kuvvetli olduğu dikkat çekmektedir (Şekil 8). Bu durum destek türüne bakılmaksızın geçerlidir (Şekil A4-A6). Kamu desteklerinin çeşitli ve çok sayıda olması küçük firmalarda desteklerden yararlanmayı güçleştirirken; büyük firmaların daha az desteğe ihtiyaç duyması bu firmalar için yararlanma oranının düşük olmasına neden olabilir.

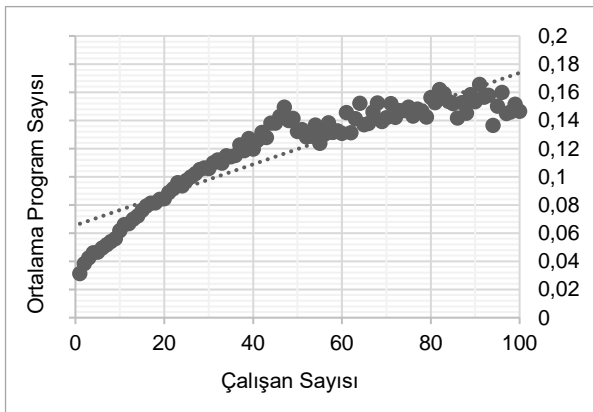


Şekil 7. Çalışan sayısına göre yararlanma oranı (%)¹⁵

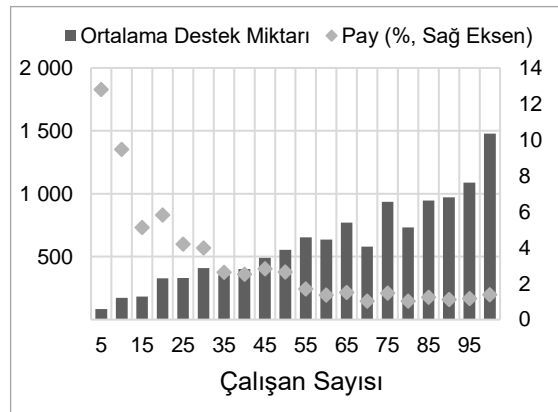


Şekil 8. Çalışan sayısına göre destek alan firma sayısı ve yararlanma oranı¹⁶

Çalışan sayısı ile ortalama program sayısı arasındaki ilişki Şekil 9'da sunulmaktadır. Buna göre, faydalanılan ortalama program sayısı çalışan sayısı ile birlikte artmaktadır. Söz konusu ilişki destek türüne bakılmaksızın geçerli olmakla birlikte, STB ve TÜBİTAK desteklerinde daha kuvvetlidir (Şekil A7-A9). Yüz çalışanı olan bir firmanın bir çalışanlı bir firmaya göre ortalama dört kat daha fazla sayıda programdan yararlandığı görülmektedir. Bu oran, STB, KOSGEB ve TÜBİTAK desteklerinde sırasıyla beş, iki ve altı kattır. Öte yandan, destek alan küçük firmaların sayıca daha fazla olmasından dolayı, küçük firmaların toplam desteklerden aldığı pay büyük firmalara göre daha fazladır. Ayrıca, bütün destek türleri için, çalışan sayısına göre ortalama destek miktarı artarken, desteklerden alınan pay azalmaktadır (Şekil 9, Şekil A10-A12).



Şekil 9. Çalışan sayısına göre ortalama program sayısı¹⁷



Şekil 10. Çalışan sayısına göre destek miktarı ve toplam desteklerden alınan pay¹⁸

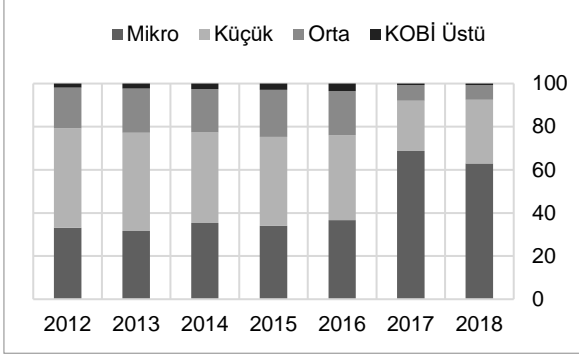
¹⁵ 250 üzerinde çalışanı olan firmalarda gözlem sayısı az olduğundan, 250'den fazla çalışan olan firmalar toplulaştırılmıştır. Kesikli çizgi ikinci derece trendi göstermektedir.

¹⁶ 100'den az çalışanı olan firmalar alınmıştır.

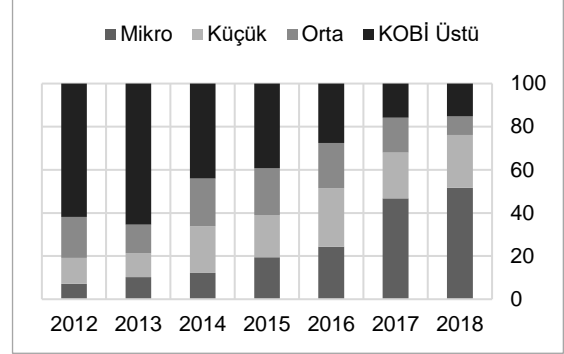
¹⁷ 100'den az çalışanı olan firmalar alınmıştır. Kesikli çizgi ikinci derece trendi göstermektedir.

¹⁸ 100'den az çalışanı olan firmalar alınmıştır.

Yıllar itibarıyla, firma büyüklüğüne göre destek alan firmaların dağılımı Şekil 11’de, sağlanan desteklerden alınan pay da Şekil 12’de yer almaktadır. Buna göre, program sayısı ve destek miktarına göre mikro firmaların payı zamanla artarken, büyük ölçekli firmaların da payının azaldığı görülmektedir. Destek türüne göre bakıldığında, mikro ölçekli firmaların payı ve toplam desteklerden aldığı pay en fazla TÜBİTAK desteklerinde artmıştır (Şekil A13-A18).



Şekil 11. Firma büyüklüğüne göre destek alan firmaların dağılımı (%)



Şekil 12. Firma büyüklüğüne göre desteklerden alınan pay (%)

Bölgelere göre ortalama destek miktarı Şekil 13’te sunulmaktadır. Buna göre, kamu destek ve teşviklerinin belirli bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Bütün destekler dikkate alındığında, Marmara, Güneydoğu Anadolu ve Kuzeydoğu Anadolu bölgelerinde verilen desteklerin ağırlıklı olduğu dikkat çekmektedir. Benzer şekilde, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yer alan firmaların STB ve KOSGEB desteklerinden daha fazla yararlandığı, TÜBİTAK desteklerinde ise ağırlıklı olarak Marmara bölgesinin ön plana çıktığı görülmektedir (Şekil A19-A21).



Şekil 13. Bölgelere göre ortalama destek miktarı¹⁹

5.2. Kamu Destek ve Teşviklerinden Yararlanma Durumuna göre Firma Performansı

Model tahmin sonuçları Tablo 5’te sunulmuştur. Panel A, çalışan sayısına ait göstergenin bağımlı değişken olduğu durumdaki regresyon sonuçlarını göstermektedir. Panel B’de ise reel net satışlar performans göstergesi olarak kullanılırken, Panel C’de reel ihracat performans göstergesi olarak kullanılmıştır. Destek türüne bakılmaksızın desteklerin en az birinden yararlanma durumunu gösteren tek bir kukla değişken kullanılarak yapılan modele ait tahmin sonuçları (1) numaralı sütunda sunulmuştur. (2) numaralı sütunda, her bir destek türü için oluşturulan üç ayrı kukla değişkeni içeren model sonuçları verilmiştir. (3)-(5) numaralı diğer sütunlar ise üç farklı destek türü için ayrı ayrı yapılan model sonuçlarını içermektedir.

Tüm modellerde destek kullanımına ilişkin kukla değişkenleri istatistiksel olarak pozitif ve anlamlıdır. Bu durum, destek ve teşviklerinden yararlanan firmalar ile yararlanmayan firmalar arasında performans farklılaşmasının olduğunu işaret etmektedir. Tahmin sonuçları, yatırım desteklerinden yararlanan firmaların yararlanmayanlara göre çalışan sayısının ortalama %57,9 daha fazla olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, yatırım desteği alan firmalarda reel net satış ve reel ihracatın diğerlerine kıyasla iki katından daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 5 – (2) numaralı sütun). Yatırım teşvik desteklerinin etkilerine yönelik

¹⁹ Düzey-2 Bölge sınıflamasına göre hesaplanmıştır.

çalışmalarda genellikle firmaların yatırım performansı, TFV ve istihdam üzerindeki etkilerine odaklanılmaktadır. Uluslararası yazın yatırım desteklerinin çalışan sayısını artırdığına işaret ederken (Brachert ve diğerleri, 2018); Türkiye'ye yönelik yapılan az sayıdaki çalışma bu desteklerin istihdamı doğrudan etkilemediğini göstermektedir (Betcherman ve diğerleri, 2010; Karaalp, 2014; Yanıkkaya ve Karaboğa, 2017). Öte yandan, bu çalışmalarda yatırım destekleri kapsamında sağlanan sigorta prim teşviklerinin kayıtlı istihdama geçişi artırdığı değerlendirilmektedir (Betcherman ve diğerleri, 2010).

KOSGEB desteklerinden yararlanan girişimlerin sektördeki diğer firmalara göre çalışan sayısı, reel net satış ve reel ihracat performanslarının sırasıyla %17, %71,6 ve %10,5 daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 5 – (2) numaralı sütun). Bu bulgular, KOBİ'lere yönelik sunulan desteklerin etkilerini analiz eden çalışmaların bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Çalışmalarda KOBİ desteklerinin istihdamı artırdığı bulunmuştur. Örneğin, Arraiz ve diğerleri (2013), KOBİ'lere destek sağlayan Şili Tedarikçi Geliştirme Programının, program bittikten sonraki yılda istihdamı ve firma satışlarını artırdığını bulmuştur. Yatırım destekleri ile kıyaslandığında (Tablo 5, Panel A), KOSGEB desteklerinden yararlanan ve yararlanmayanlar arasında istihdam açısından farklılaşmanın daha az olduğu görülmektedir. Bu durumun ortaya çıkmasında söz konusu desteklerin kapsamının etkili olduğu düşünülmektedir. KOSGEB destekleri küçük ve orta ölçekli firmaları hedefleyen ve girişimcilik eğitimlerinden makine-teçhizat desteğine kadar çok sayıda farklı desteği bünyesinde barındıran bir destek türü olmakla birlikte, personel gider desteği bunların küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Öte yandan, yatırım destekleri altında sunulan sigorta prim desteği firmalarca sıklıkla kullanılan destekler arasındadır. Bu nedenle, yatırım desteği alan firmaların KOSGEB desteklerine göre firmalarda daha fazla istihdam yaratması muhtemeldir. Satış ve ihracat hacmi açısından değerlendirildiğinde ise, daha az sayıda olmakla birlikte KOBİ desteklerinin firma satışları ile ihracatını artırdığını bulan çalışmalara rastlanmaktadır (Arraiz ve diğerleri, 2013). Sonuçlar KOSGEB desteklerinin hedef kitle tarafından daha genel bir kullanıma sahip olduğunu, bu nedenle desteklerden yararlanan ve yararlanmayan firmalar arasındaki farklılaşmanın göreceli olarak daha düşük olduğunu ima etmektedir.

Tablo 5'te TÜBİTAK desteklerinden yararlanma priminin diğer destek türlerinden elde edilen primin altında kaldığı ve çalışan sayısında %14,3, reel net satışta %38 ve reel ihracatta %43,9'luk fark yarattığı gözlenmiştir (Tablo 5 – (2) numaralı sütun). TÜBİTAK destekleri, firmaların inovasyon kapasitesinin geliştirilmesini amaçlayan destekler olup girişimci ve yüksek teknolojiye sahip firmalar hedef kitleyi oluşturmaktadır. Bu hedef kitle içerisinde firmalar arası farklılaşmanın daha sınırlı olduğu göz önüne alındığında yatırım ve KOBİ desteklerine kıyasla firmaların satış ve istihdam farklılaşmasının düşük olması beklenen bir sonuçtur. Dünya Bankası (2019), TÜBİTAK desteklerinin KOSGEB desteklerine göre firmaların Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerini daha fazla etkilediğini bulmuştur. Benzer şekilde, uluslararası yazında TÜBİTAK destekleri gibi inovasyona yönelik desteklerin firmaların istihdam, satış ve ihracat faaliyetlerini artırdığını bulan çalışmalar mevcuttur.

Tablo 5. Firma desteklerinden yararlananların yararlanmayanlarına göre performans farklılaşmasına ilişkin model tahmin sonuçları

<i>(A) Bağımlı Değişken: Çalışan Sayısı</i>					
<i>Değişkenler</i>	<i>(1)</i>	<i>(2)</i>	<i>(3)</i>	<i>(4)</i>	<i>(5)</i>
I(Yatırım teşvik)		0,579*** (0,008)	0,623*** (0,008)		
I(KOSGEB)		0,170*** (0,004)		0,192*** (0,004)	
I(TÜBİTAK)		0,143*** (0,013)			0,318*** (0,013)
I(Teşvik)	0,260*** (0,004)				
Yıl kukla değişkeni	Var	Var	Var	Var	Var
Sektör kukla değişkeni	Var	Var	Var	Var	Var
Bölge kukla değişkeni	Var	Var	Var	Var	Var
Firma özel kontrol	Var	Var	Var	Var	Var
değişkenler					
Gözlem sayısı	3.998.813	3.998.813	3.998.813	3.998.813	3.998.813
R ²	0,130	0,131	0,131	0,131	0,131
Firma sayısı	1.078.570	1.078.570	1.078.570	1.078.570	1.078.570
<i>(B) Bağımlı Değişken: Reel Net Satış</i>					
I(Yatırım teşvik)		1,639*** (0,016)	1,837*** (0,016)		
I(KOSGEB)		0,716*** (0,008)		0,787*** (0,008)	
I(TÜBİTAK)		0,380*** (0,035)			1,016*** (0,036)
I(Teşvik)	0,919*** (0,008)				
Yıl kukla değişkeni	Var	Var	Var	Var	Var
Sektör kukla değişkeni	Var	Var	Var	Var	Var
Bölge kukla değişkeni	Var	Var	Var	Var	Var
Firma özel kontrol	Var	Var	Var	Var	Var
değişkenler					
Gözlem sayısı	5.016.493	5.016.493	5.016.493	5.016.493	5.016.493
R ²	0,139	0,140	0,139	0,140	0,140
Firma sayısı	1.324.655	1.324.655	1.324.655	1.324.655	1.324.655
<i>(C) Bağımlı Değişken: Reel İhracat</i>					
I(Yatırım teşvik)		1,058*** (0,031)	1,097*** (0,031)		
I(KOSGEB)		0,105*** (0,022)		0,087*** (0,022)	
I(TÜBİTAK)		0,439** (0,054)			0,599** (0,054)
I(Teşvik)	0,138*** (0,022)				
Yıl kukla değişkeni	Var	Var	Var	Var	Var
Sektör kukla değişkeni	Var	Var	Var	Var	Var
Bölge kukla değişkeni	Var	Var	Var	Var	Var
Firma özel kontrol	Var	Var	Var	Var	Var
değişkenler					
Gözlem sayısı	389.884	389.884	389.884	389.884	389.884
R ²	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
Firma sayısı	121.611	121.611	121.611	121.611	121.611

Not: GBS verilerinden yazarların hesaplamaları. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Sağlam standard hatalar parantez içinde verilmektedir. Bağımlı değişkenin gecikmeli değeri açıklayıcı değişken olarak modellere dahil edilmektedir.

7. SONUÇ

Türkiye’de, firmalara çok sayıda ve çeşitli kamu teşvik ve desteği sağlanmaktadır. Bu desteklerin hangi firmalarca kullanıldığı ve bu firmalara sağladığı yararların bilinmesi kamu kaynaklarının etkin kullanımı açısından önemlidir. Öte yandan, firma desteklerinin çeşitliliği ve farklı yapılarda olması, bu desteklerin firma performansına etkilerinin ölçülmesini güçleştirmektedir. Kamu desteklerinin etkilerine yönelik çalışmalarda da genellikle müstakil desteklere odaklanılmıştır. Ancak, firmaların aynı anda birden fazla farklı destekten yararlanabilme durumu yapılan analizlerde yanlılığa neden olabileceğinden, desteklerin bütüncül bir şekilde değerlendirilmesi önemlidir. Bu çalışmada, farklı amaçlarla verilen önemli üç farklı kamu desteğine odaklanılarak bu desteklerden faydalanan firmaların özellikleri incelenmiştir.

Çalışmada, destek alan firmaların ölçek, net satış ve ihracat performanslarının almayanlara göre nasıl farklılaştığı dinamik panel veri modeliyle tahmin edilmiş ve destek alan firmaların daha iyi performans sergilediği bulunmuştur. Çalışmada elde edilen bulgular bu alanda yapılan çalışmaları destekler niteliktedir. İktisadi yazın, pek çok ülkede istihdamın önemli bir bölümünü oluşturan KOBİ’lere yönelik desteklerin çalışan sayısını artırmada etkili olduğuna işaret eder. Benzer şekilde, yatırım desteklerinin desteklenen firmalarda yatırım davranışları ile istihdamı artırdığını ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır.

Tahmin sonuçları girişimler arası farklılaşmanın performans ve destek türüne göre değişiklik gösterdiğine işaret etmektedir. Bu farklılaşmanın en fazla olduğu destek türü STB tarafından sunulan yatırım teşvikleridir. Firma yararlanma oranı bu desteklerde görece düşük olmakla birlikte, firma başına sağlanan destek miktarının fazla olması yatırım desteklerinin daha etkili olmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, KOSGEB desteklerinin çalışan sayısı ve net satışlar açısından TÜBİTAK desteklerine göre daha etkili olduğu görülmektedir. İhracat açısından TÜBİTAK desteklerinin KOSGEB desteklerine kıyasla firmaları daha fazla etkilemesinde bu desteklerin yoğunlukla inovasyona yönelik olması etkili olabilir. İhracatın firma verimliliğindeki artışı olumlu etkilediği düşünüldüğünde, inovasyona yönelik teşviklerin yaygınlaştırılmasının firma verimliliğinde kalıcı artışlara neden olması muhtemeldir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar destek ve teşviklerin firmaların çeşitli performans göstergeleri üzerinde pozitif bir etki yarattığına işaret etmektedir. Ayrıca, destek ve performans türüne göre bu programların farklı etki yarattığı görülmektedir. Dolayısıyla, daha etkili desteklerin yaygın kullanılmasına karşın daha az etkili desteklerin sınırlandırılması firma performansı açısından etkinliği artırabilir. Çalışmada, firma başına yararlanan ortalama program sayısının da düşük olduğu görülmektedir. Firmaların yoğunluğu yalnızca tek bir destekten faydalanabilmektedir. Bu durum, sağlanan desteklerin çok sayıda ve çeşitli olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca, destek ve teşviklere ilişkin mevzuat karışık olup, uygulamalar sıklıkla değişmektedir. Bu da küçük firmaların teşvik ve desteklerden yararlanma durumunun büyük firmalara kıyasla daha az olmasında belirleyici bir etken olarak görülebilir. Dolayısıyla, destek ve teşviklere yönelik mevzuatın sadeleştirilmesi firmaların bu desteklerden yararlanmasını kolaylaştıracaktır.

Bu çalışmada, üç farklı kurum tarafından sunulan desteklerden yararlanan firmaların istihdam, net satış ve ihracat alanındaki performansları analiz edilmiştir. Öte yandan, başka kurum ve kuruluşlarca sağlanan çeşitli firma destekleri mevcuttur. Bunların birlikte ele alınarak etkilerinin ileriki çalışmalarda değerlendirilmesi faydalı olacaktır. Ancak, bütün bu desteklerin aynı anda görülebileceği veri setlerinin mevcut olmaması, bu çalışmanın kapsamını sınırlandırmıştır. Bu doğrultuda, farklı kurum ve kuruluşlar tarafından sunulan destek ve teşviklerin aynı anda görülmesine imkân tanıyan merkezi bir veri tabanının oluşturulması, bu desteklerin takibi ve analizini kolaylaştıracaktır. Böylelikle daha etkin kamu desteklerinin tespit edilmesine olanak sağlayacak analizler daha fazla yapılabilecektir.

Bilgilendirme / Acknowledgements

Çalışmanın her aşamasında katkısını esirgemeyen Doç. Dr. Aslıhan Atabek Demirhan’a teşekkürlerimi sunarım.

I would like to thank Associate Prof. Aslıhan Atabek Demirhan for valuable support.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / *Compliance with Ethical Standards*

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / *Ethical Statement*

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

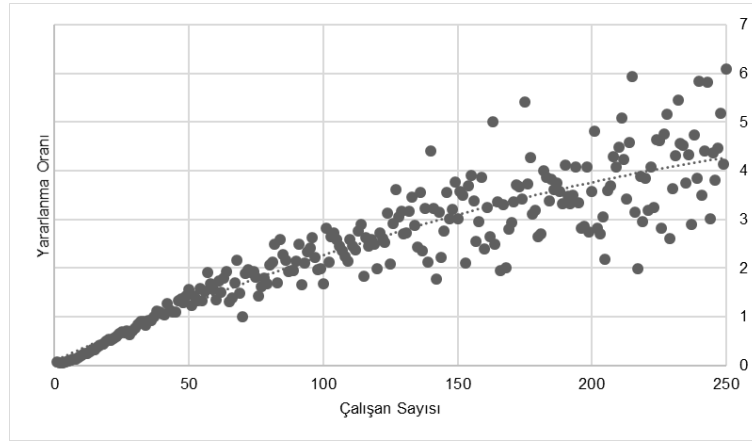
KAYNAKÇA

- Appelt, S., Bajgar M., Criscuolo, C. ve Galindo-Rueda, F. (2016). "R&D Tax Incentives: Evidence on design, incidence and impacts", OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 32, OECD Publishing, Paris.
- Arraiz, I., Henríquez, F., ve Stucchi, R. (2013). "Supplier Development Programs and Firm Performance: Evidence from Chile", *Small Business Economics*, 41(1), 277-293.
- Arellano, M., ve Bover, O. (1995). "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models", *Journal of Econometrics*, 68, 29-51.
- Banai, Á., Lang, P., Nagy, G., ve Stancsics, M. (2017). "Impact Evaluation of EU Subsidies for Economic Development on the Hungarian SME Sector", MNB Working Papers 8 (no. 2017/8).
- Becker, B. (2015). "Public R&D Policies and Private R&D Investment: A Survey of the Empirical Evidence", *Journal of Economic Surveys*, 29(5), 917-942.
- Belgin, Ö. ve Balkan, D. (2019). "Ar-Ge ve Yenilik Desteklerine İlişkin Etki Değerlendirme Çalışmaları Üzerine Bir Literatür Taraması", *Verimlilik Dergisi*, 4, 233-258.
- Betcherman, G., Daysal, N.M., ve Pages, C. (2010). "Do Employment Subsidies Work? Evidence from Regionally Targeted Subsidies in Turkey." *Labour Economics*, 17(4), 710-722.
- Brachert, M., Dettmann, E., ve Titze, M. (2018). "Public Investment Subsidies and Firm Performance -Evidence from Germany", *Journal of Economics and Statistics*, 238(2), 103-124.
- Briant, A., M. Lafourcade, ve Schmutz, B. (2015). "Can Tax Breaks Beat Geography? Lessons from the French Enterprise Zone Experience," *American Economic Journal: Economic Policy*, 7, 88-124.
- Bronzini, R. & Piselli, P. (2016). "The Impact of R&D Subsidies on Firm Innovation", *Research Policy*, 45, 442-457.
- Bruhn, M., Karlan, D., ve Schoar, A. (2012). "The Impact of Consulting Services on Small and Medium Enterprises: Evidence from a Randomized Trial in Mexico", Working Papers 1010, Economic Growth Center, Yale University.
- Busom, I., Corchuelo, B., ve Martínez-Ros, E. (2015). "Dynamics of Firm Participation in R & D Tax Credit and Subsidy Programs", Working Paper 15.03. Department of Applied Economics at Universitat Autònoma of Barcelona.
- Carboni, O.A. (2011). "R&D Subsidies and Private R&D Expenditures: Evidence from Italian Manufacturing Data", *International Review of Applied Economics*, 25, 419-439.
- Cappelen, A., Raknerud, A. ve Rybalka, M. (2012). "The Effects of R&D Tax Credits on Patenting and Innovations", *Research Policy*, 41, 334-345.
- Cerqua, A., ve Pellegrini, G. (2014). "Do Subsidies to Private Capital Boost Firms' Growth? A Multiple Regression Discontinuity Design Approach", *Journal of Public Economics*, 109, 114-126.
- Cerulli, G., & Pot'ì, B. (2012). "Evaluating the Robustness of the Effect of Public Subsidies on Firms' R&D: An Application to Italy", *Journal of Applied Economics*, 15, 287-320.
- Colombo, M. G., Grilli, L. ve Murtinu, S. (2011). "R&D Subsidies and the Performance of High-Tech Start-ups", *Economics Letter*, 112, 97-99.
- Correa, P., Andrés, ve L. Borja-Vega, C. (2013). "The Impact of Government Support on Firm R&D Investments: A Meta-Analysis". Policy Research Working Paper, No. 6532. World Bank, Washington.
- Cravo, T.A. ve Piza, C. (2016). "The Impact of Business Support Services for Small and Medium Enterprises on Firm Performance in Low and Middle-Income Countries" Policy Research Working Paper, No. 7664, World Bank, Washington.
- Criscuolo, C., Martin, R., Overman, H. ve Van Reenen, J. (2016). "The Causal Effects of an Industrial Policy", CEP Discussion Paper 1113, Centre for Economic Performance (CEP), LSE London.
- Czarnitzki, D., Hanel, P. ve Rosa, J.M. (2011). "Evaluating the Impact of R&D Tax Credits on Innovation: A Microeconomic Study on Canadian Firms", *Research Policy*, 40, 217-229.
- Decramer, S., ve Vanormelingen, S. (2016). "The Effectiveness of Investment Subsidies: Evidence from a Regression Discontinuity Design", *Small Business Economics*, 47(4), 1007-1032.
- Dimos, C. ve Pugh, G. (2016). "The Effectiveness of R&D Subsidies: A Meta-Regression Analysis of the Evaluation Literature", *Research Policy*, 45(4), 797-815.
- Dumont, M. (2017). "Assessing the Policy Mix of Public Support to Business R & D". *Research Policy*, 46, 1851-1862.
- Dvoulety, O., Pantea, S. ve Srhoj, S. (2021). "Public SME Grants and Firm Performance in European Union: A Systematic Review of Empirical Evidence", *Small Business Economics*, 57, 243-263.
- Eser, E. (2011). Türkiye'de Uygulanan Yatırım Teşvik Sistemleri ve Mevcut Sistemin Yapısına Yönelik Öneriler. (Uzmanlık Tezi), Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.

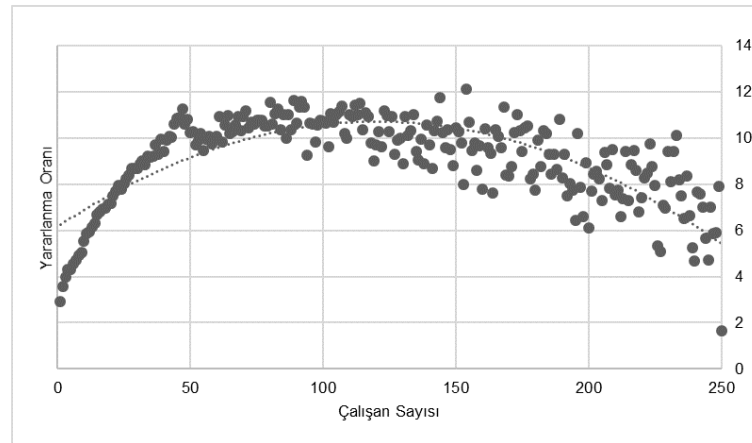
- Gonzalez, X. ve Pazo, C. (2008). "Do Public Subsidies Stimulate Private R&D Spending?", *Research Policy*, 371-389.
- Görg, H. ve Strobl, E. (2007). "The Effect of R&D Subsidies on Private R&D", *Economica*, 75, 215-234.
- Guerzoni, M., ve Raiteri, E., (2015). "Demand-side vs. Supply-side Technology Policies: Hidden Treatment and New Empirical Evidence on the Policy Mix". *Research Policy*, 44 (3), 726–747.
- Hall, B.H. ve Van Reenen, J. (2000). "How Effective are Fiscal Incentives for R&D? A Review of the Evidence", *Research Policy*, 29, 449-469.
- Howell, A. (2017a). "Picking 'winners' in China: Do Subsidies Matter for Indigenous Innovation and Firm Productivity", *China Economic Review*, 44, 154-165.
- Howell, S.T. (2017b). "Financing Innovation: Evidence form R&D Grants", *American Economic Review*, 107(4), 1136-1164.
- Huergo, E. ve Moreno, L. (2017). "Subsidies or Loans? Evaluating the Impact of R&D Support Programmes", *Research Policy*, 46, 1198-1214.
- Hussinger, K. (2008) "R&D and Subsidies at the Firm Level: An Application of Parametric and Semiparametric Two-step Selection Models", *Journal of Applied Econometrics* 23, 729-747.
- Işık Maden, S. ve Dulupçu, M.A. (2014). "KOBİ'leri Desteklemek Firmaların Performansını Ne Kadar Etkiler? Göller Bölgesinde KOSGEB Genel Destek Programından Yararlanan Firmalar üzerine Bir İnceleme", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(2), 179-195.
- Karaalp, H.S. (2014). "The Effect of Public Investment and Firm-Based Investment Incentives on Employment: A Panel Data Analysis for Turkey", *Journal of Economic and Social Development*, 1(1), 74-85.
- Koski, H. ve Pajarinen, M. (2015). "Subsidies, the Shadow of Death and Labor Productivity", *Journal of Industry, Competition and Trade*, 15(2), 189-204.
- Koski, H. ve Pajarinen, M. (2013). "The Role of Business Subsidies in Job Creation of Start-ups, Gazelles and Incumbents", *Small Business Economics*, 41(1), 195-214.
- Le, T. ve Jaffe, A.B. (2017). "The Impact of R&D Subsidy on Innovation: Evidence from New Zealand Firms", *Economics of Innovation and New Technology*, 26:5, 429-452.
- Liu, X., Li, X ve Li, H. (2016). "R&D Subsidies and Business R&D: Evidence from High-Tech Manufacturing Firms in Jiangsu", *China Economic Review*, 41, 1-22.
- Lopez-Acevedo, G. ve Tan, H.W. (2010). "Mexico: Impact Evaluation of SME Programs using Firm Data", Policy Research Working Paper Series 5186, The World Bank.
- Lopez-Acevedo, G. ve Tan, H.W. (2011). "Impact Evaluation of Small and Medium Enterprise Programs in Latin America an Caribbean", World Bank Papers 61641, The World Bank.
- Neumark, D. ve Kolko, J. (2010). "Do Enterprise Zone Create Jobs? Evidence from California's Enterprise Zone Program", *Journal of Urban Economics*, 68, 1-19.
- Niininen, P. (2000). "Effect of Publicly and Privately Financed R&D on Total Factor Productivity Growth", Finnish Economic Papers, 13(1), 56-68.
- Özçelik, E. ve Taymaz, E. (2008). "R&D Support Programs in Developing Countries: The Turkish Experience." *Research Policy*, 37(2), 258-275.
- Rao, M. (2016) "Do Tax Credits Stimulate R&D spending? The Effect of the R&D Tax Credit in Its First Decade", *Journal of Public Economics*, 140, 1-12.
- Roodman, D. (2009). "How to do xtabond2: An Introduction to Difference and System GMM in Stata", *Stata Journal*, 9(1), 86-136.
- Rotemberg, M. (2019) "Equilibrium Effects of Firm Subsidies." *American Economic Review*. 109(10), 3475-3513.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB) (2022). "Teknoloji Geliştirme Bölgeleri", Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. <https://www.sanayi.gov.tr/istatistikler/istatistiki-bilgiler>. Erişim tarihi: 30 Haziran 2022.
- Srroj, S., Škrinjaric, B., ve Radas, S. (2019). "Bidding against the Odds? The Impact Evaluation of Grants for Young Micro and Small Firms during the Recession," *Small Business Economics*, 56, 83-103.
- Szczygielski, K. Grabowski W., Pamukcu, M.T. ve Tandoğan, V.S. (2017). "Does Government Support for Private Innovation Matter? Firm-level Evidence from two Catching-up Countries", *Research Policy*, 46, 219-37.
- Tandoğan, V.S. ve Pamukçu, T. (2011). "Evaluating Effectiveness of Public Support to Business R&D through Concepts of Input and Output Additionality", ERF Working Paper No, 593.
- Tandoğan, V.S. (2011) "Impact Analysis of Industrial R&D Subsidy Programs in Turkey: An Appraisal of Quantitative Approaches" (unpublished Doctoral Dissertation).

- Testa, G., Szkuta, K. ve Cunningham, P.N. (2019). "Improving Access to finance for Young Innovative Enterprises with Growth Potential: Evidence of Impact of R&D Grant Schemes on Firms' Outputs", *Research Evaluation*, 28(4), 355-369.
- Yang, C-H., Huang, C-H. ve Hou, T.C-T. (2012) "Tax Incentives and R&D Activity: Firm-level Evidence from Taiwan", *Research Policy*, 41, 1578–1588.
- Yanikkaya, H. ve Karaboğa, H. (2017). "The Effectiveness of Incentives in the Turkish Manufacturing Industry." *Prague Economic Papers*. 26(6), 744-760.
- Dünya Bankası (2019). "Firm Productivity and Economic Growth in Turkey", World Bank. Washington DC.

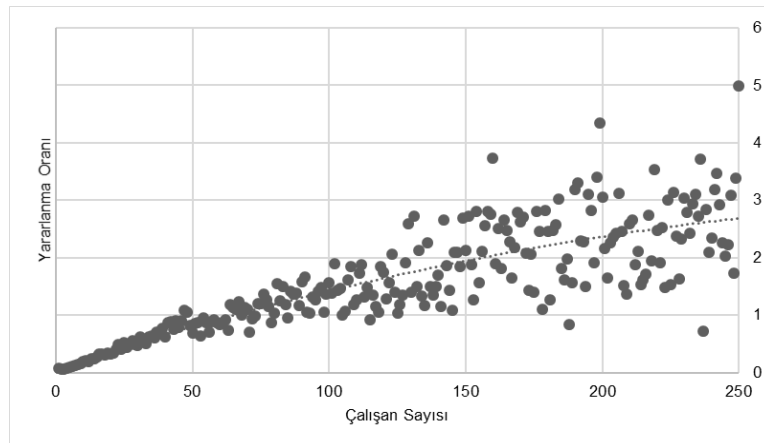
EK



Şekil A1. Çalışan sayısına göre STB desteklerinden yararlanma oranı (%)²⁰



Şekil A2. Çalışan sayısına göre KOSGEB desteklerinden yararlanma oranı (%)²¹

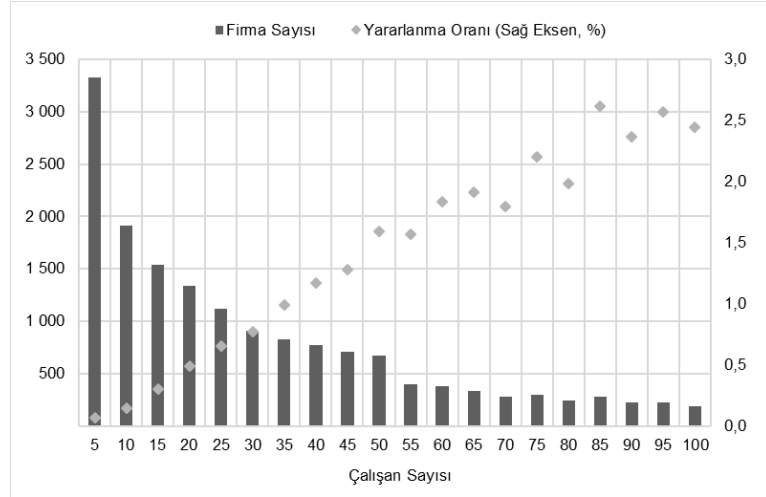


Şekil A3. Çalışan sayısına göre TÜBİTAK desteklerinden yararlanma oranı (%)²²

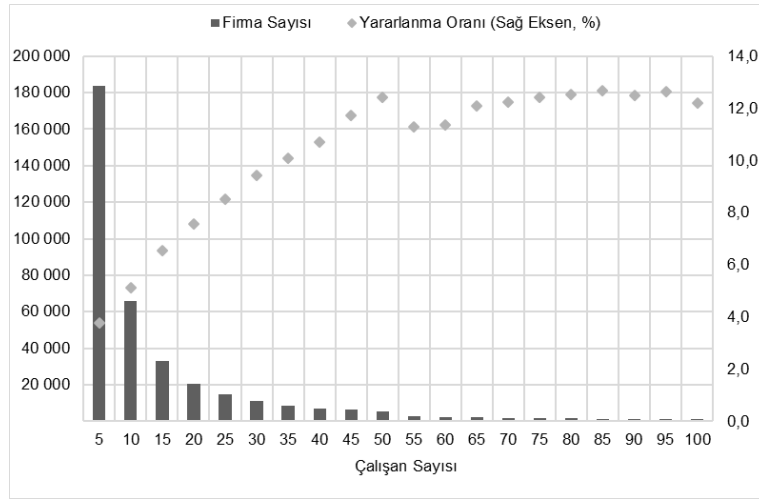
²⁰ 250 üzerinde çalışan olan firmalarda gözlem sayısı az olduğundan, 250'den fazla çalışan olan firmalar toplulaştırılmıştır. Kesikli çizgi ikinci derece trendi göstermektedir.

²¹ 250 üzerinde çalışan olan firmalarda gözlem sayısı az olduğundan, 250'den fazla çalışan olan firmalar toplulaştırılmıştır. Kesikli çizgi ikinci derece trendi göstermektedir.

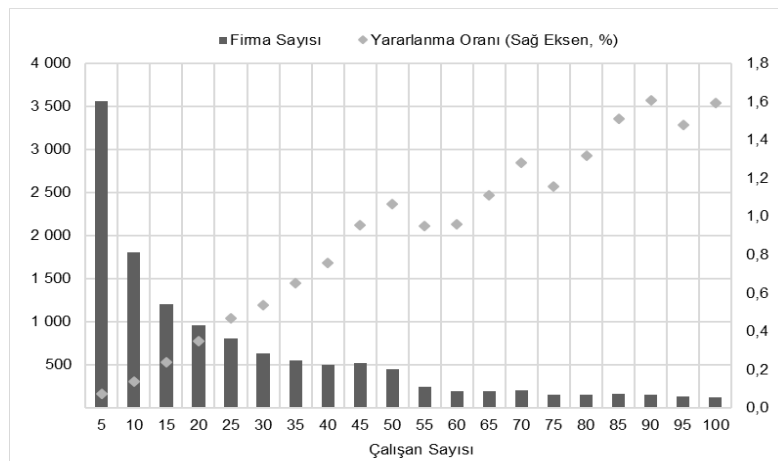
²² 250 üzerinde çalışan olan firmalarda gözlem sayısı az olduğundan, 250'den fazla çalışan olan firmalar toplulaştırılmıştır. Kesikli çizgi ikinci derece trendi göstermektedir.



Şekil A4. Çalışan sayısına göre STB Desteklerinden yararlanan firma sayısı ve yararlanma oranı²³



Şekil A5. Çalışan sayısına göre KOSGEB desteklerinden yararlanan firma sayısı ve yararlanma oranı²⁴

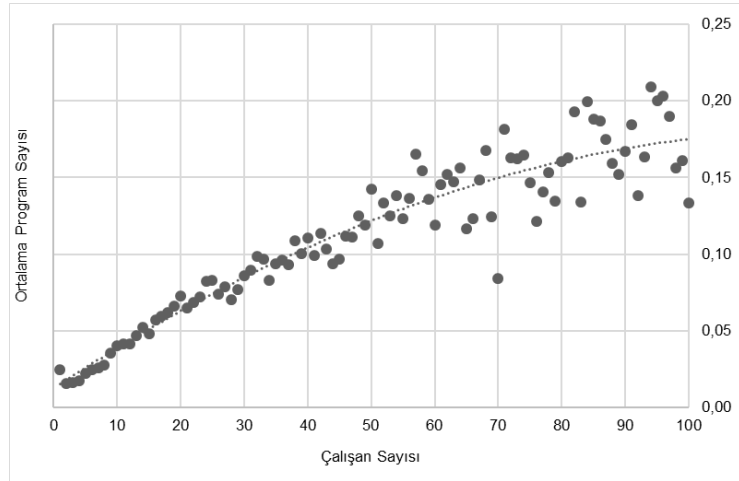


Şekil A6. çalışın sayısına göre TÜBİTAK desteklerinden yararlanan firma sayısı ve yararlanma oranı²⁵

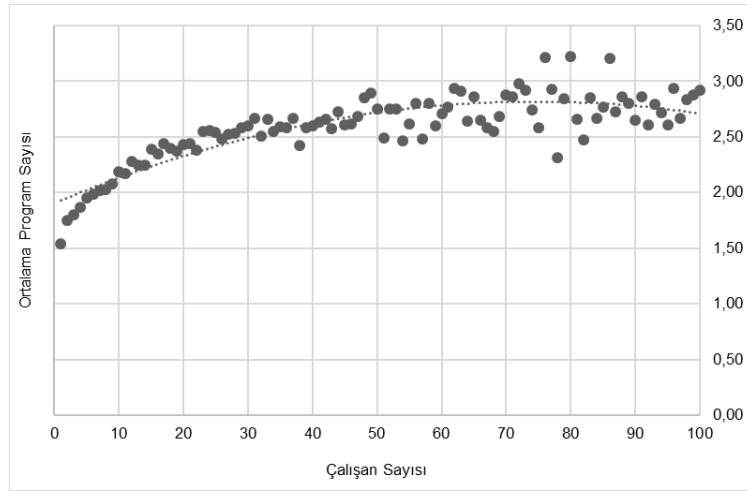
²³ 100'den az çalışını olan firmalar alınmıştır.

²⁴ 100'den az çalışını olan firmalar alınmıştır.

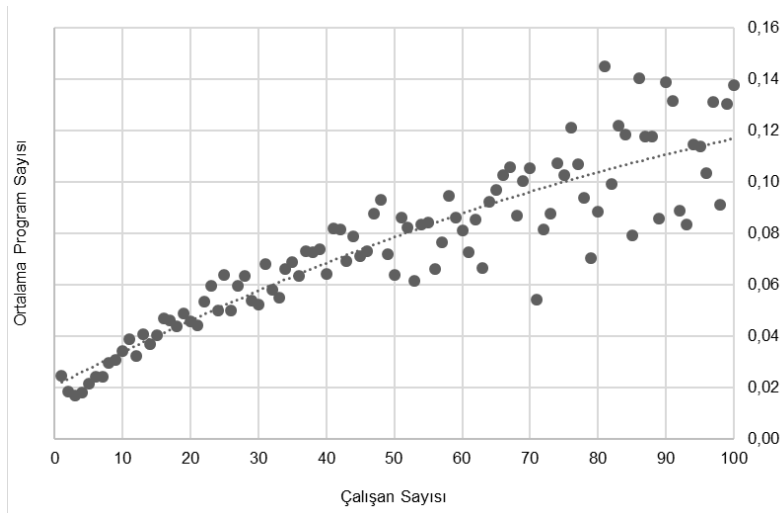
²⁵ 100'den az çalışını olan firmalar alınmıştır.



Şekil A7. Çalışan sayısına göre ortalama STB programı sayısı²⁶



Şekil A8. Çalışan sayısına göre ortalama KOSGEB programı sayısı²⁷

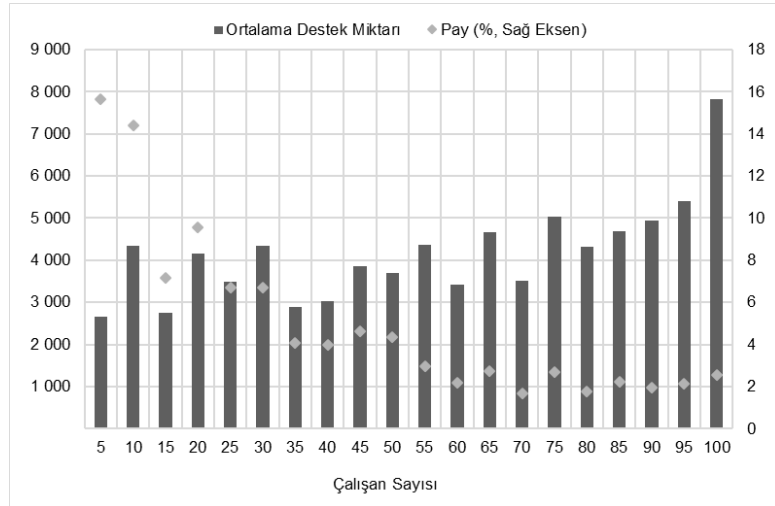
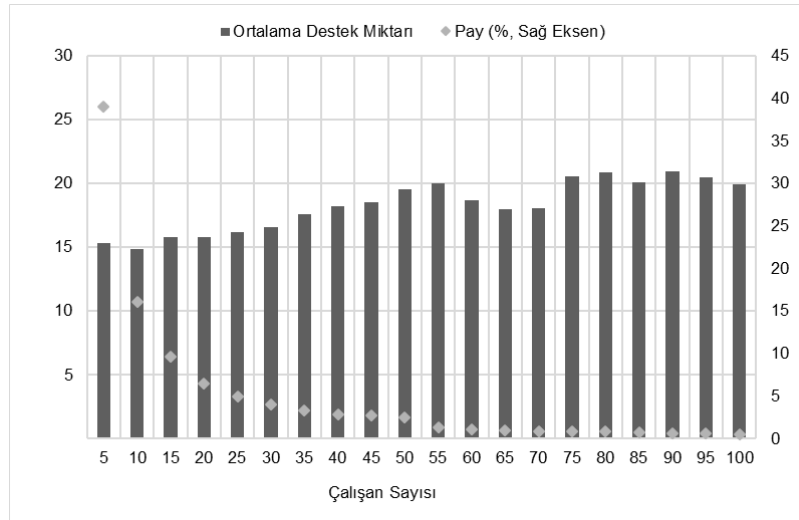
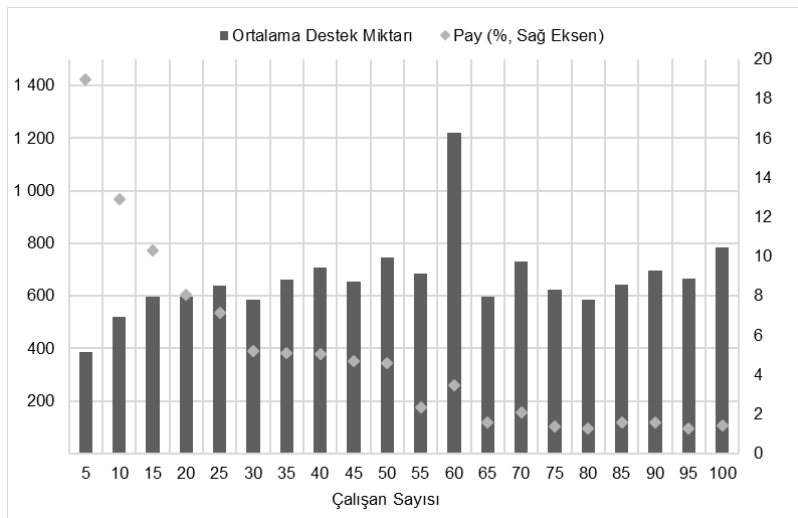


Şekil A9. Çalışan sayısına göre ortalama TÜBİTAK programı sayısı²⁸

²⁶ 100'den az çalışanı olan firmalar alınmıştır. Kesikli çizgi ikinci derece trendi göstermektedir.

²⁷ 100'den az çalışanı olan firmalar alınmıştır. Kesikli çizgi ikinci derece trendi göstermektedir.

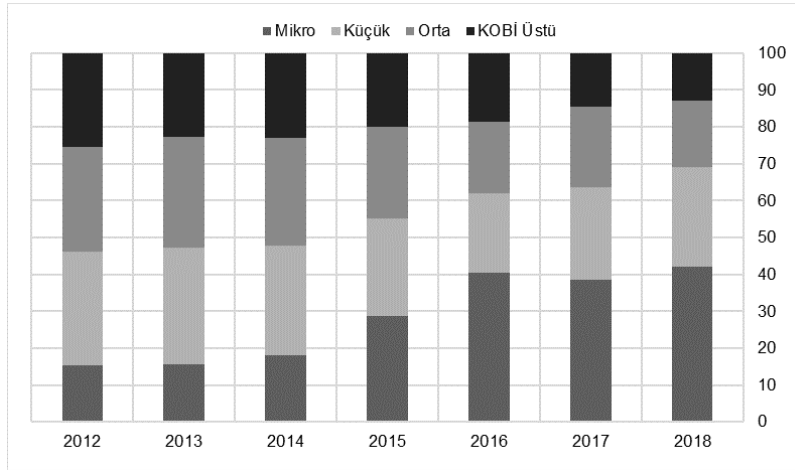
²⁸ 100'den az çalışanı olan firmalar alınmıştır. Kesikli çizgi ikinci derece trendi göstermektedir.

Şekil A10. Çalışan sayısına göre STB destek miktarı ve STB desteklerinden alınan pay²⁹Şekil A11. Çalışan sayısına göre KOSGEB destek miktarı ve KOSGEB desteklerinden alınan pay³⁰Şekil A12. Çalışan sayısına göre TÜBİTAK destek miktarı ve TÜBİTAK desteklerinden alınan pay³¹

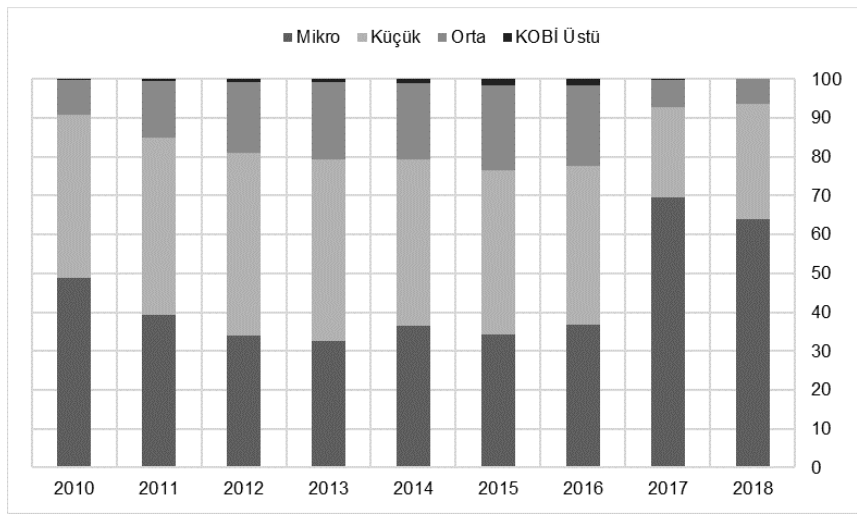
²⁹ 100'den az çalışanı olan firmalar alınmıştır. Kesikli çizgi ikinci derece trendi göstermektedir.

³⁰ 100'den az çalışanı olan firmalar alınmıştır.

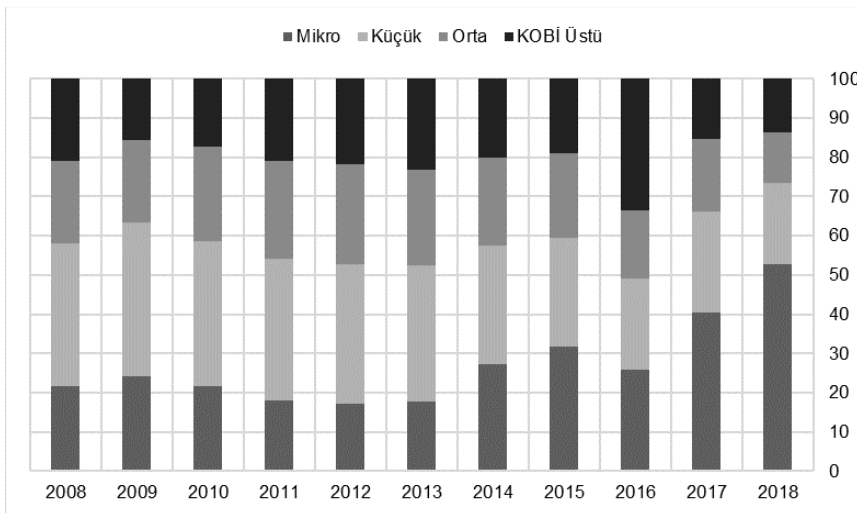
³¹ 100'den az çalışanı olan firmalar alınmıştır.



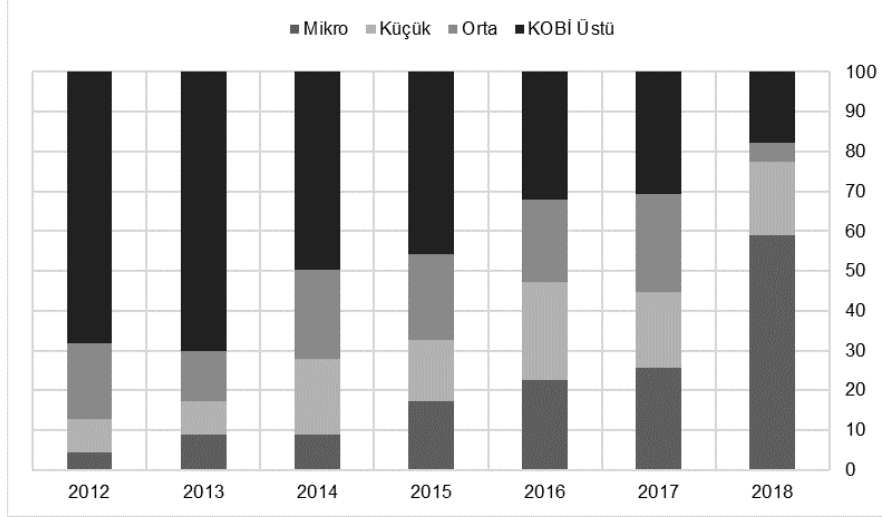
Şekil A13. Firma büyüklüğüne göre STB desteklerinden yararlanan firmaların dağılımı (%)



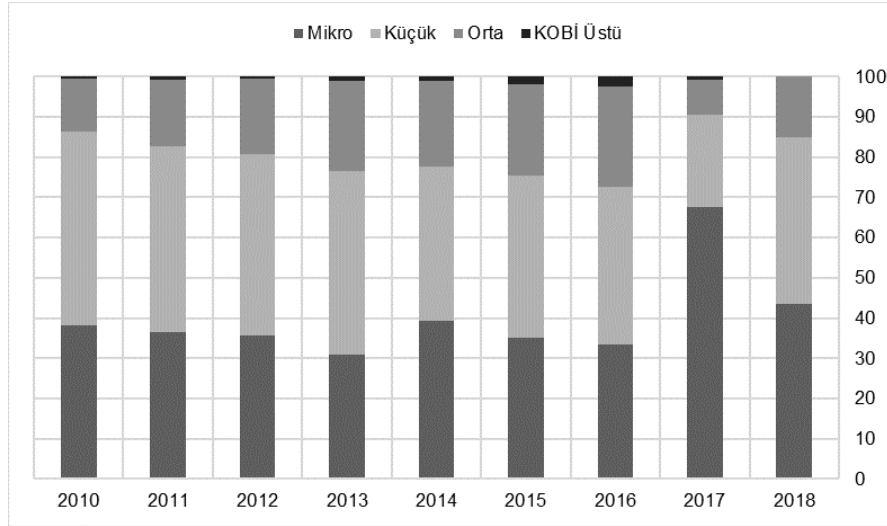
Şekil A14. Firma büyüklüğüne göre KOSGEB desteklerinden yararlanan firmaların dağılımı (%)



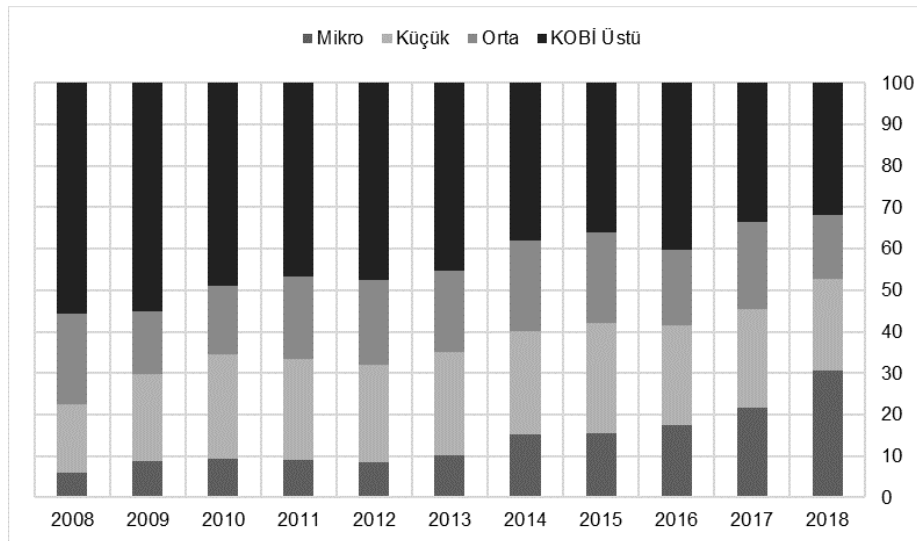
Şekil A15. Firma büyüklüğüne göre TÜBİTAK desteklerinden yararlanan firmaların dağılımı (%)



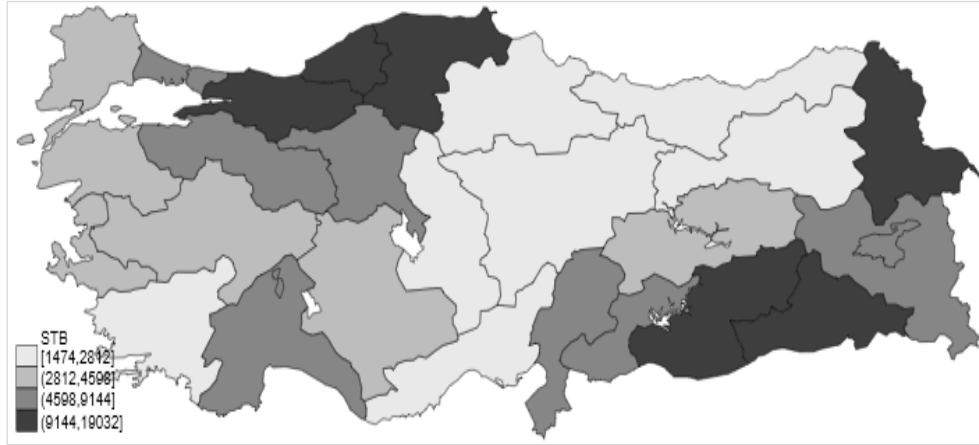
Şekil A16. Firma büyüklüğüne göre STB desteklerinden alınan pay (%)



Şekil A17. Firma büyüklüğüne göre KOSGEB desteklerinden alınan pay (%)



Şekil A18. Firma büyüklüğüne göre TÜBİTAK desteklerinden alınan pay (%)



Şekil A19. Bölgelere göre ortalama STB destek miktarı³²



Şekil A20. Bölgelere göre ortalama KOSGEB destek miktarı³³



Şekil A21. Bölgelere göre ortalama TÜBİTAK destek miktarı³⁴

³² Düzey-2 Bölge sınıflamasına göre hesaplanmıştır.

³³ Düzey-2 Bölge sınıflamasına göre hesaplanmıştır.

³⁴ Düzey-2 Bölge sınıflamasına göre hesaplanmıştır.

Correlation of Relatedness and Complexity with Patent Applications: A Regional Analysis from Türkiye

Sedef AKGÜNGÖR¹, Mert ABAY²

ABSTRACT

Purpose: The aim of this paper is to test the hypothesis that regional innovativeness is positively correlated with the two main building variables of smart specialization: relatedness density (a region's potential to develop new technologies compatible with existing capabilities) and knowledge complexity (a region's potential to develop unique and hard-to-imitate technologies).

Methodology: Analysis are made over a panel regression model, using data from OECD-REGPAT database for the years 1978–2017 covering Türkiye's NUTS-3 regions. The dependent variable is innovativeness, and the independent variables are the average relatedness density and knowledge complexity indices for each region. Per capita income, number of universities, number of technoparks, Turkish Patent Institute, Türkiye-EU Customs Union agreement, and lagged value of the dependent variable are the control variables.

Findings: The results confirm that innovativeness and a region's potential to develop new technologies that are compatible with existing technological portfolios (relatedness density) are correlated, while the variable that measures a region's potential to develop unique technologies (knowledge complexity) is not statistically significant.

Originality: The originality of this work is that we demonstrate relatedness to be one of the building blocks of smart specialization as correlated with regional innovativeness; complexity, the other building block, is not correlated.

Keywords: Relatedness, Complexity, Smart Specialization, Türkiye, Regional Innovativeness.

JEL Codes: R10, R11, R58.

İlişkililik ve Karmaşıklık ile Patent Başvuruları Arasındaki Korelasyon: Türkiye İçin Bölgesel Bir Analiz

ÖZET

Amaç: Çalışmanın amacı, bölgesel yenilikçiliğin akıllı uzmanlaşmanın iki temel boyutu ile arasında pozitif bir korelasyon olduğu hipotezini test etmektir. Akıllı uzmanlaşmanın iki temel boyutu, ilişkililik yoğunluğu (bölgenin mevcut yeteneklerine uygun yeni teknolojileri kendine çekebilme potansiyeli) ve bilgi karmaşıklığıdır (bölgenin benzersiz ve taklit edilmesi güç teknolojileri yaratma potansiyeli).

Yöntem: Analizler panel regresyon modeli kullanılarak yapılmıştır. Çalışmanın verilerini Türkiye'nin İBB-3 düzey bölgeleri için 1978–2017 yılları kapsamında OECD-REGPAT veri tabanı oluşturmaktadır. Bağımlı değişken yenilikçilik ve bağımsız değişkenler bölgenin ilişkililik yoğunluğu ve bilgi karmaşıklığı indeksleridir. Kontrol değişkenleri olarak kişi başına gelir, üniversite sayısı, iki kukla değişken (Türk Patent Enstitüsü ile Türkiye-AB Gümrük Birliği anlaşması) ve bağımlı değişkenin gecikmeli değeri kullanılmıştır.

Bulgular: Sonuçlar, bölgesel yenilikçilik ile bölgenin mevcut teknoloji portföyü ile uyumlu yeni teknolojileri çekme potansiyeli arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymakta, ancak bölgenin benzersiz olma potansiyeli ile istatistiksel olarak bir bağlantı olmadığını doğrulamaktadır.

Özgünlük: Makalenin özgünlüğü, akıllı uzmanlaşmanın iki temel bileşeninden biri olan ilişkililik boyutunun bölgesel yenilikler ile bağlantılı olduğunu, diğer bileşeni olan karmaşıklık boyutunun ise yenilikler üzerinde bir etkisinin olmadığını göstermesidir.

Anahtar Kelimeler: İlişkililik, Karmaşıklık, Akıllı Uzmanlaşma, Türkiye, Bölgesel Yenilikçilik.

JEL Kodları: R10, R11, R58.

¹ Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İngilizce İktisat Bölümü, İzmir, Türkiye, sedef.akgungor@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5178-8948. (Sorumlu Yazar-Corresponding Author)

² Yüksek Lisans Öğrencisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İngilizce İktisat Bölümü, İzmir, Türkiye, abaymert@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3941-3200.

DOI: 10.51551/verimlilik.1060389

Research Article | Submitted Date: 20.01.2022 | Accepted Date: 08.08.2022

Cite: Akgüngör, S. and Abay, M. (2023). "Correlation of Relatedness and Complexity with Patent Applications: A Regional Analysis from Türkiye", *Verimlilik Dergisi*, 57(1), 73-84.

1. INTRODUCTION

Literature on regional development contends that instead of “one-size-fits-all” policies, regions should focus on their distinctive attributes. Innovativeness has a profound impact on the overall productivity of regions. The best results for improved productivity can be achieved through regional innovation policies with a focus on a region’s unique strengths, experiences and accumulated knowledge (Tödtling and Trippl, 2005; Balland et al., 2019).

Smart specialization provides new employment opportunities that enhance economic growth and maximize regional competitive advantages. The aim is to use regional resources in line with their unique competitive attributes. Smart specialization is now an integral part of the European Union (EU)’s innovation and cohesion policy (Foray et al., 2009). The directive is that regions should specialize in distinct and unique areas rather than trying to produce technological knowledge in various and unrelated fields. The EU approach underscores the significance of unique resources, experiences and attributes of particular regions.

The two building blocks of smart specialization are “relatedness” and “complexity” (Balland et al., 2019). Relatedness measures the proximity, relationship and distance among technology classes (Kogler et al., 2013) by looking to industries and technological domains. Complexity is the degree of tacit or complex knowledge required by a technological field, and measures the sophistication of a technological field in a region. Complexity helps individuals understand the extent to which a region holds valuable knowledge (Balland et al., 2019). Crespo et al. (2017) highlight complexity as a way to demonstrate the potential benefits of regional investment as well as a way to discover the diversification capabilities of a given region. For this reason, complexity stands out as an element that may enhance regional development and increase the capacity of a region to create valuable and unique knowledge.

The literature includes studies that focus on the relationship between relatedness and/or complexity; jobs (Fernandes et al., 2019); growth (Davies and Maré, 2021); diversification (Balland et al., 2019); technological resilience (Balland et al., 2015); and patent citations (Fleming and Sorenson, 2001; Mewes, 2019). Studies on the links among relatedness, complexity and innovativeness are rather limited. Moreover, the literature on smart specialization opportunities of regions tends to focus on developed countries (the EU, US, Spain, Sweden etc.), while studies on emerging economies are limited.

Smart specialization is particularly important for enhancing regional competitiveness, mostly through productivity improvements. One of the fundamental elements of smart specialization is to increase productivity. In fact, the main factor behind the EU's smart specialization initiation is closing the growing productivity gap with transatlantic countries in the field of R&D (McCann and Ortega-Argilés, 2015; Van Ark, 2009: 51). The positive effects of smart specialization on productivity are also confirmed in recent studies (Rocchetta et al., 2021; Santos et al., 2022). Therefore, it can be expected that the implementation of innovation policies compatible with smart specialization framework in Türkiye will create an increase in productivity. This study aims to contribute to the improvement of productivity in Türkiye by investigating Türkiye’s technological structure in terms of smart specialization assumptions.

This study explores whether the two building blocks of smart specialization (technological relatedness and knowledge complexity) are related to a region’s innovativeness as measured by patent applications. We use Türkiye as a case study. We aim to understand whether relatedness and complexity are associated with innovativeness in Türkiye’s regions between 1978 and 2017. The research question is: “As the two building blocks of smart specialization, how do relatedness and complexity contribute to innovativeness of the regions?” The main hypothesis of this paper is that patent applications are positively correlated with relatedness and complexity of given regions.

The study proceeds as follows. The next section provides the literature review and theoretical background. Section 3 presents the data and methods. Section 4 provides the findings. Section 5 discusses the policy implications. The last section concludes.

2. LITERATURE REVIEW and THEORETICAL BACKGROUND

The literature helps us understand how innovation evolves in space; Rosenberg and Nathan (1994) propose that regional innovativeness is a process within a black box where little is known concerning the drivers of innovation. The literature on smart specialization provides new tools to explore how regions develop accumulated knowledge and innovations. Smart specialization focuses on regional specialization programs with specific emphases on the fields that are related to the regions’ own capabilities and competencies (Foray, 2018). The geographical distribution of innovations and networks of innovations has been a subject of particular importance (Camagni, 1991; Cooke, 2001).

Studies on the connection between innovativeness and smart specialization contend that patenting activities are enhanced with technological relatedness. For example, Paci and Usai (1999) show that specialization and diversity have a positive relationship on patents in Italy for the period 1978–1995. Ejermo (2005) finds the same is true for Swedish regions; Autant-Bernard (2001) for French regions; and O’Hualachain and Lee (2011) for US regions. Such parallel findings confirm that technological specialization is positively correlated with innovativeness as measured by patenting activities. Kogler et al. (2013) point out that technological diversity enhances the accumulation of knowledge in regions, while Fleming and Sorenson (2001) contend that knowledge accumulation and innovativeness are characterized by the complexity of knowledge. Moreover, Pintar and Scherngell (2018) propose that knowledge complexity does not correlate with the intensity of patenting activities in European regions. Balland et al. (2019) propose that there is a need for diversification into related technologies and a focus on increasing their overall economic complexity.

Enhancing innovations through smart specialization entails that regions should specialize in their existing sets of knowledge and skills while at the same time work toward more sophisticated products that are unique and difficult to copy by other regions. Both relatedness and complexity help regions increase their innovativeness. As explained above, despite the existence of several studies examining the relationship between innovativeness and the two building blocks of smart specialization (relatedness and complexity), their results are inconclusive (Boschma et al., 2014), causing this link to remain rather blurry. Little is known on how relatedness and complexity together help regions improve their innovative capabilities. This study aims to fill that gap by exploring the connection between innovativeness (operationalized by patent applications) and the two building blocks of smart specialization (relatedness and complexity) at the regional level by using Turkish regions as a case study.

Early studies on regional specialization in Türkiye demonstrate that spatial and organizational proximity positively impact regional innovativeness (Güngör and Gözlü, 2012). Studies on cluster formation demonstrate that the structure of the manufacturing industry consists of medium and medium-low technologies (Gezici et al., 2021), and that Türkiye lags behind many developed countries with respect to patenting activities. Similar findings are shown in Kaygalak (2018) and (Falcioglu and Akgüngör, 2008) and suggest that most manufacturing activities require low skills. Although empirical studies point out the significant relationship between regional innovation and regional economic development in Türkiye (Atalay et al., 2013; Bozkurt, 2015), little is known on what determines regional innovativeness. Additionally, Türkiye’s smart specialization opportunities have only recently started to be investigated. A recent study by Erdil and Çetin (2019) investigates the smart specialization capabilities of Turkish industry clusters and indicates that, even though smart specialization strategies are not on the agenda for national innovation policies in Türkiye, certain initiatives exist at the regional level. Only a handful of studies exist in Türkiye where at least one of the two building blocks of smart specialization is discussed (Erdil and Çetin, 2019, Kuştepe et al., 2013; Akgüngör and Abay, 2021). There is a need for further research that systematically explores how regional innovations are connected with relatedness and complexity. Such knowledge will deliver a better understanding of the role of the two major components of smart specialization in designing regional innovation policies in Türkiye.

This study follows the framework of smart specialization. The foundations of smart specialization are based on the evolutionary economic geography approach with a distinct focus on the uneven distribution of economic agents such as companies, industries, networks, cities and regions across space and time. Evolutionary economic geography contends that a region’s core knowledge and competencies determine regional competitiveness (Frenken and Boschma, 2015). Evolutionary economic geography focuses on individual and collective agents on the emergence and transformation of spatial formations of economic activities; it also attempts to understand the reasons behind differences in industrial concentration across time and geography. Evolutionary economic geography focuses on sustainable regional development and “developing new industries or new growth paths” and answers questions posed by economic geographers such as how economic activities are clustered across space and why development and growth vary across regions. The evolutionary perspective provides conceptual contributions and explanations in relation to the main topics in economic geography, such as clusters and networks, as well as the role of institutions in regional development (Boschma and Frenken, 2018: 213–219).

The evolutionary approach to regional development centers on understanding the process through which regional dynamics change through time. The underlying principle is the assumption that regional growth is dynamic and path dependent (Boschma and Frenken, 2018: 214; Martin and Sunley, 2010). What determines the economic performance of a given region is largely knowledge production and innovativeness. This point is demonstrated and argued by Schumpeter (1942), Solow (1956), and Nelson and Winter (1982). Regional economic performance is place and path dependent. Place and path

dependency constitute the fundamental idea of the smart specialization framework. In such a framework, the factors of relatedness and complexity propose that regions will benefit most if they choose to work on economic activities highly related to their current portfolios. Simultaneously, smart specialization literature contends that regions should specialize and work on creating innovative activities unique to a region and that these activities should be difficult for other regions to copy. Balland et al. (2019) propose such a model.

Smart specialization is a policy that considers the distinct and unique characteristics of a region. Boschma and Frenken (2018: 219) propose that the relatedness concept, a significant one of smart specialization, corresponds to the idea that knowledge creation as an evolutionary process is the combination of existing ideas and that the diversification of economic activities is a branching process; thus the emergence of new technologies is not random but actually depends on past knowledge. Innovations and new technologies and thus the smart specialization of a region come from existing sets of capabilities.

In addition to the relatedness concept, the literature on smart specialization emphasizes the importance of complexity. Complexity refers to a region's unique technologies that are hard to copy. Knowledge complexity for sustainable growth results from valuable and tacit knowledge, which is difficult to imitate and access by others (Hidalgo and Hausmann, 2009). Empirical investigation identifies relatedness and complexity as the two pillars of smart specialization. Balland et al. (2019) demonstrate that the two variables of smart specialization provide guidance for understanding potential routes for smart specialization. Their analysis brings forward the issue of whether focusing on activities that are interrelated to the regional portfolio (relatedness) and at the same time focus on inventing new and unique activities based on a region's past experiences and competencies (complexity)-an ultimate smart specialization policy-has a connection with regional innovativeness.

Following the smart specialization framework presented above, the conceptual model of this paper is based on the connection between regional innovations and a region's relatedness and complexity. The two main hypotheses are:

Hypothesis 1: Patent applications are positively correlated with the technological relatedness of a region.

Hypothesis 2: Patent applications are positively correlated with the knowledge complexity of a region.

3. DATA and METHODS

3.1. Variables

3.1.1. Measuring Innovation

The dependent variable is regional innovativeness. Innovativeness is measured by "Patent applications per 100.000 inhabitants" (PATPER), a variable which is considered a suitable proxy for innovations and the technological progressiveness of a region (Encaoua et al., 2006). PATPER is produced by counting patent applications rather than patent approvals. The reason for doing so is that it takes a long time for an application to be approved; therefore, approval-based counts do not always reflect the innovative activities of the relevant period in a region. As such, in line with a common approach in the literature, the variable measures the application-based patent counts (Maraut et al., 2008). Patent counts are aggregated into technological classes based on WIPO classification specified by Schmoch (2008). According to the May 2008 classification, International Patent Classification (IPC) codes are grouped according to 5 technology classes and 35 sub-technology classes. We use the latest version (July 2019) of the WIPO IPC-Technology Concordance Table to group the IPC codes of the patents into WIPO technology classes. (Abay et al., 2021.)

3.1.2. Measuring Relatedness and Complexity

Relatedness measures the proximity, or technological distance, between each pair of technological fields (Kogler et al., 2013). We follow the method introduced by Boschma et al. (2014), which is based on a co-occurrence matrix showing the incidence of two IPC codes in the same group of patents. Relatedness density is a variable that measures the extent to which a region possesses technologies that are part of its technological portfolio. We use the average relatedness density (ARD) variable to measure a region's potential to develop new technologies. ARD represents the average relatedness between the technologies present in the region and all other technological domains outside its technological portfolio. ARD measures a region's branching opportunities and potential to diversify into new and related technologies in Türkiye's NUTS-3 regions.

The complexity index is calculated through the method of reflections, which links regions to the technology classes in which they specialize. The variable that measures the knowledge complexity of a region is the knowledge complexity index (KCI). KCI measures the extent to which a region can produce

more exclusive goods, thereby promoting a more complex regional economy. As stated above, regions with more complex economies enjoy advantages in producing specific technologies. Computational details related to relatedness density and the knowledge complexity index are presented in Akgüngör and Abay (2021).

3.1.3. Control Variables in the Model

The model includes regional per capita GDP (PCGDP), the number of universities in the region (UNI), the number of technoparks (TPARK) which is a proxy for the number of technology development zones and two dummy variables that take into account of the establishment of the Turkish Patent Institute in 1994 (TPI) and the start of accession negotiations between Türkiye and the EU in 2006 (AN). The dummy variables are included to take into account structural changes in patenting behavior in Türkiye. We add a one year lagged value of the dependent variable (PATPER) to control for the impact of knowledge accumulation on innovative activity in the regions.

3.1.4. Data Sources

The dependent variable (PATPER) and smart specialization variables (ARD and KCI) are generated using patent data for regions from the OECD-REGPAT January 2020 Edition database (OECD, 2020). PCGDP data at the NUTS-3 level (2009 constant prices) are from Turkstat and are compiled by Karaca (2018).³ The UNI variable is from the Turkish Council of Higher Education, and the TPARK variable is from the Republic of Türkiye's Ministry of Industry and Technology (2021). Both the UNI and TPARK variables measure the total number of universities and technoparks at time t .

The dataset includes annual observations from 1978 until 2017. Owing to a relatively low level of patent applications, we combine data for 5-year period intervals (windows: W1 through W8)⁴ leading to a panel data set for 58 NUTS-3 regions and 8 periods (windows). Table 1 provides the descriptive statistics of the data.

Table 1. Descriptive statistics

<i>Variable</i>	<i>Observations</i>	<i>Average</i>	<i>Standard Deviation</i>	<i>Minimum Value</i>	<i>Maximum Value</i>
PATPER	148	1.597817	4.889096	0.033054	52.14779
ARD	148	14.64865	20.88839	0	100
KCI	148	44.32464	33.26627	0	100
PCGDP	148	14108.07	5204.704	3873	32355
TPARK	148	0.7297297	1.286215	0	8
UNI	148	3.182432	7.295546	0	58
TPI	148	0.9189189	0.2738865	0	1
AN	148	0.75	0.434483	0	1

3.2. Analysis Methods

We applied the Breusch-Pagan Lagrange multiplier (BP-LM) test for random effects and the F-test for fixed effects (Baltagi, 2005: 59; Park, 2011; Torres-Reyna, 2007). Both BP-LM and F-test results favored pooled OLS against RE and FE. Since both specification tests revealed no evidence for panel effect in the data, we did not apply the Hausmann test. Diagnostic tests reveal issues of heteroskedasticity and autocorrelation. To overcome these issues, the model uses clustered standard errors.

The econometric model is estimated without taking the logarithms of the variables since the non-logarithmic models are more common in the SS literature (Balland et al., 2019; Kogler et al., 2017; Boschma et al., 2014). One possible justification is that the ARD and KCI variables are between 0-100 where the coefficient estimates are interpreted as percentage changes. Applying logarithmic transformation to the ARD and KCI makes it complicated to interpret the results. Moreover, the log model necessitated the omission of the TPI variable due to an emerging problem of multicollinearity. We therefore estimate the models using the non-log versions of the variables. We use one period lagged values of the independent variables.

³ Regional income data can be reached through the following: <https://sites.google.com/site/okaraccaeng/data>.

⁴ W1: 1978–1982; W2: 1983–1987; W3: 1988–1992; W4: 1993–1997; W5: 1998–2002; W6: 2003–2007; W7: 2008–2012; W8: 2013–2017

4. FINDINGS

Following the theoretical framework explained above, we expect to see a statistically significant positive relationship between relatedness and innovation, as well as between complexity and innovation. Figures 1 and 2 present the graphical demonstration of the relations between the variables.

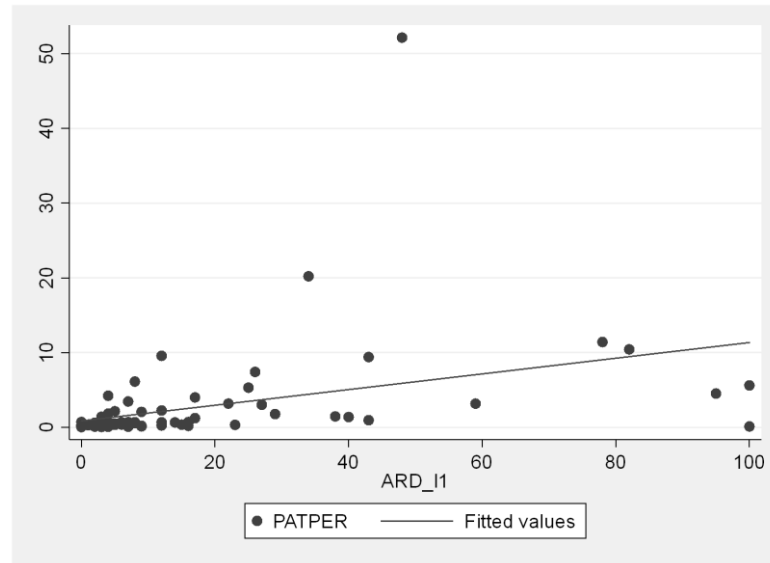


Figure 1. Patent applications per 100.000 inhabitants (PATPER) and one period lagged average relatedness density (ARD_I1), 1978-2017⁵

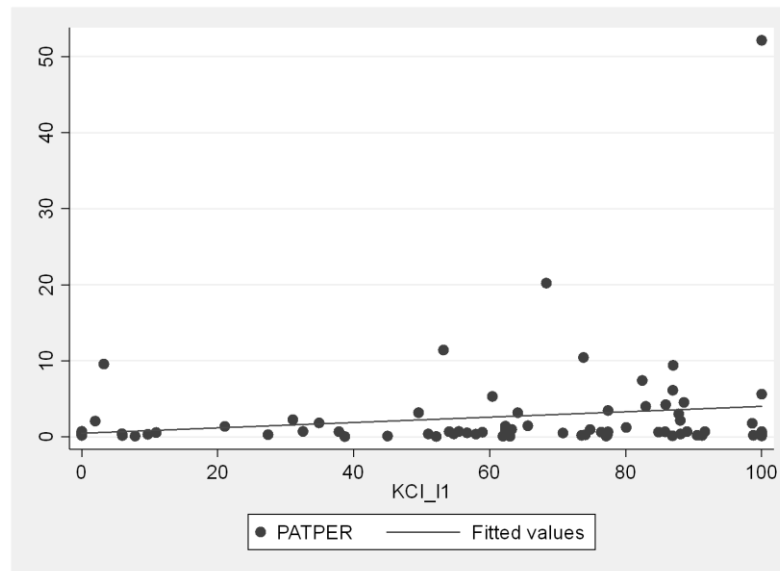


Figure 2. Patent applications per 100.000 inhabitants (PATPER) and one period lagged knowledge complexity index (KCI_I1), 1978-2017⁶

Table 2 presents the results of the regression analysis. Since there is multicollinearity between the two dummy variables, we estimate two models that incorporate only one of the dummy variables. Both models reveal positive and significant relationship between the lagged value of ARD (ARD_I1) and PATPER (PATPER_I1). The results justify the hypothesis that average relatedness density is an important factor for regional innovativeness in Türkiye between 1978 and 2017. Accordingly, a 1%⁷ rise in average relatedness density for a region increases patent applications per 100.000 inhabitants in that region by nearly 0,03 patents. This result suggests that patent applications increase when potential new activities are

⁵ Source: OECD-REGPAT database (OECD, 2020), own calculations

⁶ Source: OECD-REGPAT database (OECD, 2020), own calculations

⁷ Since the value of ARD ranges between 0-100 by definition, its coefficient can be interpreted in percentage terms.

incorporated into the preexisting skill-sets and capabilities of a particular region. The lagged value of KCI (KCI_I1) is not statistically significant. However, the negative sign of its coefficient may be interpreted as an occasion to question the difficulty of generating patents in regions with unique technologies that are hard to copy. Additional analysis and research are needed to explore the reasons why more complex regions (regions with unique technologies) have fewer patent applications.

The lagged value of UNI (UNI_I1) and the lagged value of the dependent variable reveal statistically significant coefficients in both models, whereas the coefficient of the lagged value of TPARK (TPARK_I1) is significant only in the first model. PATPER_I1 has a positive impact on regional innovativeness, showing that innovation is a path-dependent process based on knowledge accumulation. On the other hand, UNI_I1 and TPARK_I1 have negative impacts on regional innovativeness. The findings provide justification for further research on the effectiveness of university-industry cooperation in Türkiye in line with the existing studies in the literature with similar findings (Atmaca, 2011; Karaca, 2021).

The results show that a one unit increase in UNI_I1 decreases PATPER by 0.24-0.25, a one unit increase in TPARK_I1 decreases PATPER by 0.49, and a one unit increase in a one year lagged value of PATPER increases PATPER by 2.32-2.35.

Table 2: Econometric results

Dependent Variable: Patent applications per 100.000 inhabitants (PATPER)		
<i>Independent Variables</i>	<i>Model 1</i>	<i>Model 2</i>
ARD_I1	0.0388610*** (0.0081945)	0.0324706*** (0.0072592)
KCI_I1	-0.0064154 (0.0080175)	-0.0035072 (0.0063625)
PCGDP_I1	0.0000093 (0.0000382)	-0.0000087 (0.0000397)
UNI_I1	-0.2422364*** (0.0222533)	-0.2524858*** (0.0250073)
TPARK_I1	-0.4865206* (0.2827549)	-0.2637496 (0.2437996)
PATPER_I1	2.3171332*** (0.1236076)	2.3539264*** (0.1193654)
TPI_I1	0.3488207 (0.4096895)	
AN_I1		-0.8608876 (0.5553694)
Constant	0.3138478 (0.9375021)	1.2305241 (1.0099798)
Observations	76	76
R-squared	0.9300415	0.9324469

Notes: Parentheses show standard errors. * significant at the $\alpha \leq 0.1$ level, ** significant at the $\alpha \leq 0.05$ level and *** significant at the $\alpha \leq 0.01$ level.

5. POLICY IMPLICATIONS

The findings of this study support the notion that relatedness of a region's existing portfolio with technologies that are not yet present increase patenting activities. Patent applications increase as a region's branching opportunities to diversify into new and related technologies increase. Technological flexibility is an important tool for innovativeness. Based on these findings, we suggest that regional policies should have focus on increasing regional technological flexibility so that it becomes feasible to attract technologies closely related to a region's existing portfolio.

For example, an exploratory analysis reveals that over the 2003-2017 period, İzmir's existing technological portfolio included "medical technology," "basic materials chemistry," "motor pumps and turbines," "other special machinery," "mechanical elements," and "civil engineering." The analysis further reveals that potential new technologies closely related to İzmir's existing portfolio included "audio-visual technologies," "telecommunication," "digital communication," "computer technology," "semiconductors,"

“organic fine chemistry,” and “biotechnology.” The policy recommendation for İzmir is to combine the city’s existing portfolio with suggested potential technologies. For example, medical technology can be combined with computer technology as well as chemistry and biotechnology. Similarly, machinery-related activities can be combined with digital communication as well as computer technologies and the like. Smart specialization opportunities no doubt need to be supported with stakeholder contributions as well as room for entrepreneurial discovery. Furthermore, more focus is needed to support investments and R&D activities for those technologies closely related to İzmir’s technological portfolio (Akgüngör and Abay, 2022).

It is therefore imperative to understand a region’s technological portfolio and suggest potential related technologies via desk research. Smart specialization policies should be further supported with stakeholder communications as well as policies to promote entrepreneurial discovery to promote new combinations and innovative products across a region’s existing portfolio and potential activities, raising the region’s value and its unique technological portfolio.

6. CONCLUSION

This paper investigates how a region can benefit from their preexisting skills for enhanced innovations. The findings imply that preexisting skills are important for innovativeness while the uniqueness of a region’s capabilities is not significant. The results imply that regions that work to augment their skills with more innovative products provide advantages.

This paper offers initial findings on how regional capabilities can be used for enhancing innovativeness. Relatedness, one of the two building blocks of smart specialization, along with potential new activities compatible with a region’s experience and tacit knowledge provide a significant base for innovativeness. When a region becomes unique with hard-to-imitate capabilities, complexity, the other building block of specialization, does not provide significant room for enhanced innovativeness.

The results are only valid for Türkiye as a case study. Focusing only on Turkish data is a limitation of this study. Findings are yet to be explored for other countries in different settings. Another limitation in regard to this study is related to the unit of analysis. The data is designed for Türkiye’s 81 NUTS3 level regions, which may limit the availability of frequency of patent observations. Defining larger regions and agglomerating their patent applications might provide different conclusions.

There are two major points of departure for further research. First, the reasons why regional complexity does not lead to more patent applications should be further explored. It could be that regions with unique and hard-to-imitate capabilities, products and activities might experience a sense of regional lock-in and therefore be less flexible in creating innovations. Second, further research is needed to quantify the innovation impact of smart specialization tools (relatedness and complexity) on productivity at the regional and firm level. Doing so may require comparative studies across regions with different levels of relatedness density and technological complexity with regards to firm performance (e.g. innovativeness) and productivity.

The findings reveal that high levels of technological relatedness in a region are associated with innovative activities, while the effect of knowledge complexity on innovativeness cannot be confirmed. A region with a high potential to develop new technologies related to its existing technologies and capabilities tends to be more innovative. The results confirm that policies that attract new and related industries to a region’s current portfolio are significant determinants of innovativeness. Regions with unique and hard-to-imitate knowledge bases (i.e., regions with high technological complexity) do not produce innovations. Why that is so needs to be further investigated.

In addition, the findings emphasize the importance of smart specialization in terms of productivity. It is known that innovation is a driver of productivity growth (Griffith et al., 2006; Mohnen and Hall, 2013: 12; Van Ark, 2009). Branching of regions into fields that require similar resources with their technological structures and capabilities leads to new patent creation and knowledge accumulation in the regions. This accumulation triggers the creation of new knowledge in the regions in the long run and has an indirect effect on productivity (Varga et al., 2018). Therefore, the findings of the study reveal the potential of relatedness as a factor to improve productivity growth.

Consequently, regional diversification policies that focus on domains with low risk (regions with high relatedness) rather than branching into fields unique to a region would work better in enhancing innovativeness. Policies that draw potential new technologies close to the existing portfolio of a region result in regional patenting activities. This paper supports the idea that innovative regional activities will increase if we focus on a region’s existing technological portfolio and policies. Regional innovation policies work best if regional actors enhance new activities that remain in close correlation with a region’s current portfolio.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Mert Abay: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-
orijinal taslak Sedef Akgüngör: Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme
*Mert Abay: Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-
original draft Sedef Akgüngör: Writing-review and editing*

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği
alınmamıştır.
*Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-
profit sectors.*

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan
edilmiştir.
*It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the
permission of the Ethics Committee.*

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların
kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
*It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study
and all the sources used have been properly cited.*



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve
çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
*The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their
works are published under the CC BY-NC 4.0 license.*

REFERENCES

- Abay, M., Akgüngör, S. and Akyıldız, Y.T. (2021). "Innovation, Relatedness and Complexity in Turkey: A Regional Analysis for 1978-2017", *Ekonomi-tek*, 10(3), 135-171.
- Akgüngör, S. and Abay, M. (2022). "İzmir'de Teknolojik Yeniliklerin Gelişimi ve İzmir İçin Bir Akıllı Uzmanlaşma Önerisi", Presentation in the Panel on *Kurtuluşunun 100. Yilinda İzmir'in Ekonomisi ve Ticareti*, May, 26.2022.
- Akgüngör, S. and Abay, M. (2021). "Knowledge Space, Relatedness and Complexity: A Regional Analysis in Turkey", *Yildiz Social Science Review*, 7(2), 123-136.
- Atalay, M., Anafarta, N. and Sarvan, F. (2013). "The Relationship Between innovation and firm Performance: An Empirical Evidence from Turkish Automotive Supplier Industry", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 75, 226-235.
- Atmaca, S. (2011). "Patents from the Academe: A Methodology Research for the Analysis of University Patents and Preliminary Findings for Turkey", *TEKPOL Working Paper Series*, 11/01.
- Autant-Bernard, C. (2001). "The Geography of Knowledge Spillovers and Technological Proximity", *Economics of Innovation and New Technology*, 10, 237-254.
- Balland, P.A., Boschma, R., Crespo, J. and Rigby, D. (2019). "Smart Specialization Policy in the European Union: Relatedness, Knowledge Complexity and Regional Diversification", *Regional Studies*, 53(9), 1252-1268.
- Balland, P.A., Rigby, D. and Boschma, R. (2015). "The Technological Resilience of US Cities", *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(2), 167-184. doi:10.1093/cjres/rsv007
- Baltagi, B. H. (2008). "Econometric Analysis of Panel Data (Vol. 4)", John Wiley & Sons, Chichester.
- Boschma, R. and Frenken, K. (2018). "Evolutionary Economic Geography", *Oxford Handbooks Online* Editors: Clark, G. L., Feldman, M.P., Gertler, M.S., and Wójcik, D., 213-229.
- Boschma, R., Balland, P.A. and Kogler, D.F. (2014). "Relatedness and Technological Change in Cities: The Rise and Fall of Technological Knowledge in US Metropolitan Areas from 1981 to 2010", *Industrial and Corporate Change*, 24(1), 223-250.
- Bozkurt, C. (2015). "R&D Expenditures and Economic Growth Relationship in Turkey", *International Journal of Economics and Financial Issues*, 5(1), 188.
- Camagni, R.P. (1991). "Technological Change, Uncertainty and Innovation Networks: Towards a Dynamic Theory of Economic Space", *Regional Science*, Editor: Boyce D. E., Nijkamp P., and Shefer D., Berlin, Germany: Springer, 211-249.
- Cooke, P. (2001). "Regional Innovation Systems, Clusters, and the Knowledge Economy", *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 945-974.
- Crespo, J., Balland, P.A., Boschma, R. and Rigby, D. (2017). "Regional Diversification Opportunities and Smart Specialization Strategies", European Commission, Directorate-General for Research and Innovation.
- Davies, B. and Maré, D.C. (2021). "Relatedness, Complexity and Local Growth", *Regional Studies*, 55(3), 479-494.
- Ejermeo, O. (2005). "Technological Diversity and Jacobs' Externality Hypothesis Revisited", *Growth and Change*, 36, 167-195.
- Encaoua, D., Guellec, D. and Mart, C. (2006). "Patent Systems for Encouraging Innovation: Lessons from Economic Analysis", *Research Policy*, 35, 1423-1440.
- Erdil, E., and Çetin, D. (2019). "Smart Specialization and R&I Policy Framework in Turkey", *Smart Specialization Strategies and the Role of Entrepreneurial Universities*, 209-233, IGI Global.
- Falcioğlu, P. and Akgüngör, S. (2008). "Regional Specialization and Industrial Concentration Patterns in the Turkish Manufacturing Industry: An Assessment for the 1980–2000 Period", *European Planning Studies*, 16(2), 303-323.
- Fernandes, T.F., Balland, P.A., Morrison, A. and Boschma, R. (2019). "What Drives the Geography of Jobs in the US? Unpacking Relatedness", *Industry and Innovation*, 26(9), 988-1022.
- Fleming, L. and Sorenson, O. (2001). "Technology as a Complex Adaptive System: Evidence from Patent Data", *Research Policy*, 30(7), 1019-1039.
- Foray, D. (2018). "Smart Specialization Strategies as a Case of Mission-Oriented Policy—A Case Study on the Emergence of New Policy Practices", *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 817-832.
- Foray, D., David, P.A. and Hall, B. (2009). "Smart Specialisation – The Concept", *Knowledge Economists Policy Brief*, No: 9.
- Frenken, K. and Boschma, R. (2015). "Geographic Clustering in Evolutionary Economic Geography", *Handbook of Research Methods and Applications in Economic Geography*, Edward Elgar Publishing, 291-302.

- Gezici, F., Müderrisoğlu, B., Salihoğlu, G. and Başarır, G. (2021). "What is The Role of Techno-Parks on Regional Innovation in Turkey?", *Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, Gazi University, 9(1), 43-59.
- Güngör, D.Ö. and Gözlü, S. (2012). "Influencing Factors of Innovation for Turkish Companies", *International Journal of Quality and Service Sciences*, 4(4), 374-386.
- Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J. and Peters, B. (2006). "Innovation and Productivity Across Four European Countries", *Oxford Review of Economic Policy*, 22(4), 483-498.
- Hidalgo, C.A. and Hausmann, R. (2009). "The Building Blocks of Economic Complexity", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10570-10575.
- Karaca, O. (2018). "50 Years of Regional Convergence in Turkey: New Data Set and Analysis for the Period 1960-2010", *Sosyoekonomi*, 26(35), 207-228.
- Karaca, Z. (2021). "İllerin Patent Sayısını Etkileyen Faktörler Üzerine Bir Uygulama", *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(3), 1179-1192.
- Kaygalak, İ. (2018). "Localization and Specialization Tendency of Manufacturing in Turkey", *International Journal of Geography and Geography Education*, 38, 171-186.
- Kogler, D.F., Essletzbichler, J. and Rigby, D.L. (2017). "The Evolution of Specialization in the EU15 Knowledge Space", *Journal of Economic Geography*, 17(2), 345-373.
- Kogler, D.F., Rigby, D.L. and Tucker, I. (2013). "Mapping Knowledge Space and Technological Relatedness in US Cities", *European Planning Studies*, 21(9), 1374-1391.
- Kuştepelı, Y., Gülcan, Y. and Akgüngör, S. (2013). "The Innovativeness of the Turkish Textile Industry Within Similar Knowledge Bases Across Different Regional Innovation Systems", *European Urban and Regional Studies*, 20(2), 227-242.
- Maraut, S., Dernis, H., Webb, C., Spiezia, V. and Guellec, D. (2008). "The OECD REGPAT Database: A Presentation", *OECD Science, Technology and Industry Working Papers (2008/02)*.
- Martin, R. and Sunley, P. (2010). "The Place of Path Dependence in an Evolutionary Perspective on the Economic Landscape", *The Handbook of Evolutionary Economic Geography*. Edward Elgar Publishing.
- McCann, P. and Ortega-Argilés, R. (2015). "Smart Specialization, Regional Growth and Applications to European Union Cohesion Policy", *Regional studies*, 49(8), 1291-1302.
- Mewes, L. (2019). Quality "Dimensions of Knowledge and Regional Development: Relatedness, Complexity, Novelty, and Impact of Knowledge", Unpublished Doctoral Dissertation, Utrecht University.
- Mohnen, P. and Hall, B.H. (2013). "Innovation and Productivity: An update", *Eurasian Business Review*, 3(1), 47-65.
- Nelson, R.R. and Winter., S.G. (1982). "An Evolutionary Theory of Economic Change", *Cambridge, Mass.: Harvard University Press*.
- O'hUallachain, B. and Lee, D-S. (2011). "Technological Specialization and Variety in Urban Invention", *Regional Studies*, 45(1), 67-88.
- OECD. (2020). REGPAT database, January 2020.
- Paci, R. and Usai, S. (1999). "Externalities, Knowledge Spillovers and the Spatial Distribution of Innovation", *GeoJournal*, 49, 381-390.
- Park, H.M. (2011). "Practical Guides to Panel Data Modeling: A Step-by-step Analysis Using Stata", Public Management and Policy Analysis Program, Graduate School of International Relations, International University of Japan, 12, 1-52.
- Pintar, N. and Scherngell, T. (2018). "Grasping the Complexity of Regional Knowledge Production: Evidence on European regions", *STI 2018 Conference Proceedings*, 1266-1278.
- Republic of Turkey Ministry of Industry and Technology. (2021). "Technology Development Zones", <http://www.sanayi.gov.tr/istatistikler/istatistiki-bilgiler/mi0203011501>, (Access Date: 15.01.2022).
- Rocchetta, S., Ortega-Argilés, R. and Kogler, D.F. (2021). "The Non-Linear Effect of Technological Diversification on Regional Productivity: Implications for Growth and Smart Specialisation Strategies", *Regional Studies*, 1-16.
- Rosenberg, N. and Nathan, R. (1994). "Exploring the Black Box: Technology, Economics, and History", *Cambridge University Press*.
- Santos, A., Edwards, J. and Neto, P. (2022). "Does Smart Specialisation Improve Any Innovation Subsidy Effect on Regional Productivity? The Portuguese Case", *European Planning Studies*, 1-22.
- Schmoch, U. (2008). "Concept of a Technology Classification for Country Comparisons (Final Report to the World Intellectual Property Organisation - WIPO)".

- Schumpeter, J.A. (1942). "Capitalism, Socialism and Democracy", New York: Harper & Row.
- Solow, R.M. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *The Quarterly Journal of Economics*, Oxford University Press, 70(1), 65-94.
- Torres-Reyna, O. (2007). "Panel Data Analysis Fixed and Random Effects Using Stata (v. 4.2)", *Data & Statistical Services*, Princeton University, 112.
- Tödting, F. and Trippel, M. (2005). "One Size Fits All? Towards a Differentiated Regional Innovation Policy Approach", *Research Policy*, 34(8), 1203-1219.
- Van Ark, B. (2009). "Whose Lessons to be Learned?" Reflections on New Orientations in US and European Innovation Policies", *Knowledge for Growth: Prospects for Science, Technology and Innovation*, Editor: Foray, D., David, P., and Hall, B., 50-53.
- Varga, A., Sebestyén, T., Szabó, N. and Szerb, L. (2018). "Estimating the Economic Impacts of Knowledge Network and Entrepreneurship Development in Smart Specialization Policy", *Regional Studies*.

Jevons Paradoksu Hala Geçerli mi? Yükselen Piyasa Ekonomileri Örneği

Ecem TURGUT¹, Yeliz SARIÖZ GÖKTEN²

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada çevresel iktisat bağlamında Jevons paradoksu'nun geçerliliğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Seçilmiş 15 yükselen piyasa ekonomisinin (Arjantin, Bangladeş, Brezilya, Endonezya, Güney Afrika, Hindistan, Kolombiya, Malezya, Meksika, Pakistan, Peru, Romanya, Şili, Tayland, Türkiye) 1990-2017 dönemi verilerinden yararlanılarak ekonometrik bir analiz yöntemi uygulanmıştır.

Bulgular: Sanayileşmenin ve ekonomik büyümenin çevresel kirlenmeyi artırdığı tespit edilmiş ve çalışma kapsamında Jevons paradoksu'nun geçerliliği doğrulanmıştır.

Özgünlük: Jevons paradoksunun geçerliliği özellikle enerji etkinliği ve tüketimi arasındaki ilişki üzerinden inceleme konusu olmuş buna karşılık çevre üzerinden yapılan incelemeler daha sınırlı kalmıştır. Bu sebeple bu çalışma diğer çalışmalardan çevre bağlamında Jevons paradoksunun geçerliliğinin analiz edilmesinin amaçlanması konusunda ayrılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Jevons Paradoksu, Ekolojik İktisat, Çevre Ekonomisi.

JEL Kodları: C10, C33, C50, Q00, Q50.

Does the Jevons Paradox Still Valid? The Example of Emerging Market Economies

ABSTRACT

Purpose: In this study, it is aimed to determine the validity of Jevons paradox in the context of environmental economics.

Methodology: An econometric analysis method is applied by using the data of the selected 15 emerging market economies (Argentina, Bangladesh, Brazil, Indonesia, South Africa, India, Colombia, Malaysia, Mexico, Pakistan, Peru, Romania, Chile, Thailand, Türkiye) for the period of 1990-2017.

Findings: It has been determined that industrialization and economic growth increase environmental pollution and the validity of Jevons paradox has been confirmed within the scope of the study.

Originality: The validity of the Jevons paradox has been the subject of examination, especially on the relationship between energy efficiency and consumption, whereas the studies on the environment have been more limited. For this reason, in this study, unlike other studies, it is aimed to analyze the validity of Jevons paradox in the context of the environment.

Keywords: Jevons Paradox, Ecological Economics, Environmental Economics.

JEL Codes: C10, C33, C50, Q00, Q50.

¹ Doktora Öğrencisi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde, Türkiye, ecemtrgtt@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2385-1580. (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Doç. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Niğde, Türkiye, yelizsarioz@ohu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6900-9017.

DOI: 10.51551/verimlilik.1068682

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 05.02.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 09.11.2022

Atıf: Turgut, E. ve Gökten Sarıöz, Y. (2023). "Jevons Paradoksu Hala Geçerli mi? Yükselen Piyasa Ekonomileri Örneği", *Verimlilik Dergisi*, Cilt 57(1), 85-102.

EXTENDED ABSTRACT

During the Industrial Revolution in 1965, British Economist William Stanley Jevons noticed something strange. James Watt had just invented the steam engine, which works much more efficiently than its predecessors and consumes less coal per unit produced. Everyone assumed that this invention would reduce total coal consumption. But strangely, the opposite happened. There has been a huge increase in coal consumption in the UK. Jevons found that the improvement in productivity saves money, as capitalists turn those savings into investments that expand production. Thus, the economy grew. As the economy grew, the need for coal increased. This strange result came to be called the Jevons Paradox.

In the literature, the validity of the Jevons Paradox has been the subject of examination, especially on the relationship between energy efficiency and consumption, whereas the studies on the environment have been more limited. For this reason, in this study, first of all, the place of ecology in economics is discussed and the Jevons paradox is put forward theoretically. Then, in determining the validity of Jevons Paradox, it is focused on environmental pollution, thus contributing to the literature. For this purpose, it is aimed to test the validity of Jevons paradox in the context of environmental relationship by using 15 selected emerging market economy examples. Thus, the environmental issue has been clarified and it has been clarified whether the Jevons Paradox is still valid today.

In this study, it is aimed to analyze the validity of Jevons paradox in terms of the impact of industrialization and technological development on the environment. In the studies carried out so far, developed countries with the highest environmental pollution have been preferred. However, in this study, it is aimed to test the Jevons Paradox for emerging economies that allow foreign capital inflow by going into financial liberalization, thus aiming to gain growth momentum. Thus, it is aimed to reveal how the environment is affected while these countries take steps to reach their growth goal. For this reason, 15 emerging market economies (Argentina, Bangladesh, Brazil, Indonesia, South Africa, India, Colombia, Malaysia, Mexico, Pakistan, Peru, Romania, Chile, Thailand, Türkiye) included in the IMF's 2015 world economic outlook report. 1990-2017 period data is used. The reason why the study is limited to 2017 is that the time intervals of the variables used are different from each other and they meet in a common balance between these years. In this respect, it differs from other studies. While creating the model, variables that could represent the Jevons paradox and have an impact on the environment are taken into account, and thus a general model is created. Among these variables, ecological footprint representing the environment was considered as a dependent variable in the model, and technological development and industrialization data were used as independent variables in the validity of Jevons paradox. In addition to these, economic growth, trade openness and energy consumption data are also included in the model as control variables. In this direction, firstly, cross-section dependence and homogeneity tests were performed on the variables in the study. Then, the Boot-IPS brim root test was used to determine the level at which the variables were stationary. The CCEMG method was used to analyze the relationship between the variables.

As a result of the cross-sectional dependency test, it was concluded that each of the variables included cross-sectional dependence. Delta homogeneity test results confirmed the heterogeneity and accordingly, the Boot-IPS second generation unit root test was used to determine the level at which the variables were stationary. As a result of this test, it was seen that the TECHN variable representing technological development was stationary at the level, while all other variables were found to be stationary at the first difference. Finally, as a result of the CCEMG test, it is seen that a one-unit increase in industrialization increases the ecological footprint, which represents environmental pollution, by 0.017 units. However, a positive relationship was found between economic growth and ecological footprint. The coefficients of the other variables could not be interpreted because they were insignificant. In line with this result, the accuracy of Jevons paradox has been accepted.

In line with the results obtained from the study, as Jevons paradox put forward, it confirmed the assumption that the long-term development and the increase in economic growth increase environmental pollution. For this reason, the validity of Jevons paradox was accepted in this study.

1. GİRİŞ

Jevons (1906), özellikle 19. yüzyılda iktisat literatürüne damgasını vurmuş ve "The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines" adlı eserinde, bir kaynağa olan talebin artmasının verimlilik artışına neden olacağını bunun ise artan verimlilikle birlikte söz konusu kaynağın kullanımında bir artış yaratacağını ileri sürmüştür. Ayrıca uzun dönemde yaşanan teknolojik gelişmelerin ve ekonomik büyümenin çevresel kirlenmeyi artıracaklarını savunmuştur. Bu varsayım literatüre Jevons paradoksu olarak girmiş ve o günden itibaren üzerine en fazla düşünülen ve tartışılan konular arasında yer almıştır.

Ana akım iktisat yazınında teknolojik gelişme ile büyüme arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Buna göre verimlilik artışının ekonomik büyümeyi artıracakı kabul edilir. Ancak bu artış Jevons paradoksunda da açıklandığı üzere aşırı enerji ve doğal kaynak kullanımı sayesinde biyosfer üzerinde büyük bir baskıya neden olmaktadır. On dokuzuncu yüzyılın ortalarında Marx, besin maddelerinin doğal döngüsünün kapitalizmdeki gelişmeler tarafından kırıldığına yani kendi ifadesi ile "metabolik yarık"lar oluşturduğuna işaret etmiştir. Bir taraftan şehirdeki nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak adına elde edilen gıda, kentlere gönderilirken aynı zamanda gıda atıklarının kalıntıları da nehirleri kirlenmiştir. En geniş anlamıyla kapitalizmin doğayla olan tüm etkileşimlerini karakterize eden bu metabolik yarıktan kaynaklanan ekolojik sorunlar günümüzde bizleri de fazlasıyla meşgul eden konulardır (Magdoff, 2002). Bu sebeple de özellikle Jevons paradoksunun geçerliliğinde çevre konusuna odaklanması ayrı bir önem teşkil etmektedir.

Literatürde Jevons paradoksunun geçerliliği özellikle enerji etkinliği ve tüketimi arasındaki ilişki üzerinden inceleme konusu olmuş buna karşılık çevre üzerinden yapılan incelemeler daha sınırlı kalmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalara örnek olarak ise Ceddia (2019), Akıncı ve diğerleri (2018), Murshed (2018), Singh ve Narayanan (2015), Polimeni (2007) verilebilmektedir. Bu sebeple bu çalışmada öncelikle ekolojinin iktisattaki yeri ele alınmış ve Jevons paradoksu teorik olarak ortaya konulmuştur. Ardından Jevons paradoksunun geçerliliğinin tespit edilmesinde çevresel kirlenme üzerine odaklanılmış böylece literatüre katkı sağlamaya çalışılmıştır. Bu amaçla çalışmada özellikle seçilmiş 15 yükselen piyasa ekonomisi örneğinden yararlanılarak Jevons paradoksunun çevresel ilişki bağlamında geçerliliğinin test edilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle çevre konusuna netlik kazandırılarak Jevons Paradoksunun günümüzde hala geçerli olup olmadığına açıklık kazandırılmıştır.

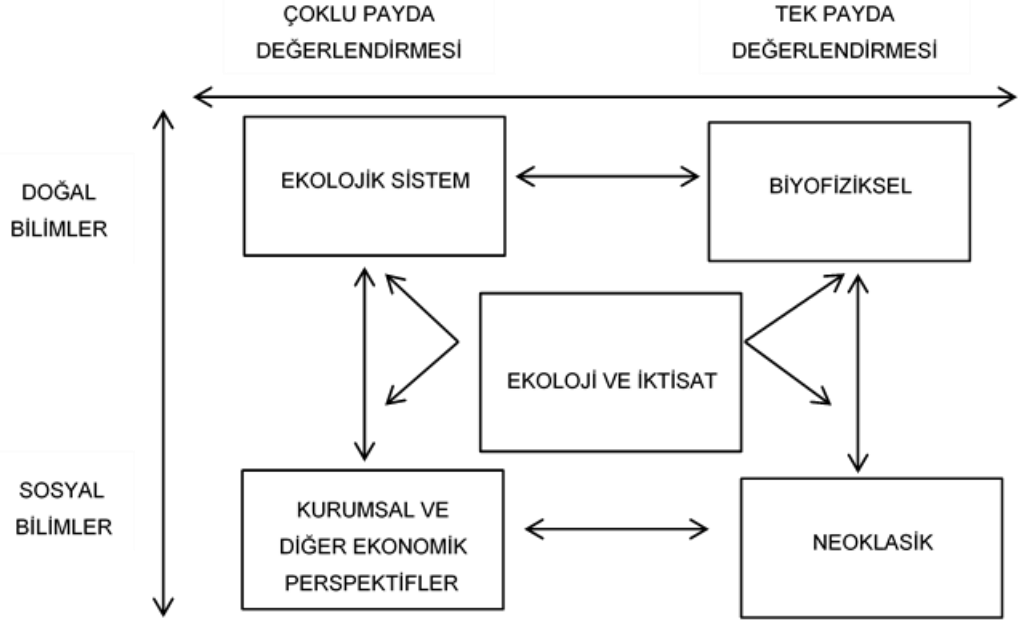
Çalışmada öncelikli olarak ekolojik iktisat üzerine teorik bilgiye yer verilmiştir. Daha sonra kapitalizm ve ekoloji bağlantısı ortaya koyulmuştur. Böylelikle Jevons paradoksunun daha net anlaşılması için bir temel oluşturulmuştur. Akabinde ise Jevons Paradoksuna yönelik ayrıntılı bir teorik bilgiye yer verilerek konunun özünün anlaşılması amaçlanmıştır. Bu noktada daha fazla ürün ve hizmet sunumu veya daha az enerji ve doğal kaynak kullanımı ile daha fazla ekonomik ve çevresel verimlilik dikkat çekerek eko-verimlilik kavramı öne çıkmıştır. Eko-verimlilik konusunun incelenmesinde de bu çalışma özellikle Jevons paradoksunun geçerliliğiyle analiz edilerek verimlilik konusuna da farklı bir bakış açısı kazandırılmıştır. Daha sonra Jevons Paradoksuna yönelik literatürde bu konuda yapılan çalışmalara yer verilerek bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçların diğer çalışmalarla kıyaslanması sağlanmış ve ekonometrik analiz kısmına bir temel oluşturulmuştur. Akabinde ise çalışma kapsamında ekonometrik analiz kısmı uygulanmış ve sonuçlar verilmiştir. Ekonometrik analiz kısmına ise panel veri analizlerinde önemli bir sorun olan yatay kesit bağımlılığı ve homojenlik testleri uygulanarak başlanmıştır. Akabinde ise değişkenlerin durağan olduğu seviyenin tespit edilebilmesi için birim kök testi uygulanmış ve çıkan sonuçlar doğrultusunda CCEMG tahmincisiyle değişkenler arasındaki ilişki ortaya koyularak çalışma sonuç bölümüyle birlikte sonlandırılmıştır.

2. EKOLOJİK İKTİSAT ÜZERİNE

Neoklasik iktisatta, kapitalist sistem savunularının doğal bir sonucu olarak çevresel bozulmalara ilişkin endişeler yatıştırılmaya çalışılır. Neoklasiklere göre ileri teknolojilere ve verimli hammadde kaynaklarına sık başvurulması sistemin gelişimi sürecinde kaçınılmazdır. Ancak uzun dönemde emisyonların ve çevresel bozulmanın azalacağı iddia edilir. Bunu kanıtlamak adına "Çevresel Kuznets Eğrisi" (EKC) kullanılır. EKC'ye göre, kirlilik gibi çevresel etkiler, endüstriyel bir ekonomi kurulduktan uluslardaki gelişimin ilk aşamalarında artacak ancak ilerleyen aşamalarda artış göstermeyip aynı seviyede kalacaktır (Clack ve York, 2005).

Karbon emisyonu (CO₂) salınımindaki artışın iklim değişikliğine yol açması günümüzde büyük bir endişe kaynağı haline gelmiş ve emisyonları azaltmak adına dünya çapında sosyal baskılar artış göstermiştir. Küresel ekolojik yaşam içerisindeki tehlikelere dair artan farkındalıklar, alınan kararların küresel olarak kötü sonuçlar ortaya çıkarabileceğine dikkat çekmektedir. Buna karşılık geleneksel ekonomik ve ekolojik modellerin ve kavramların küresel ekolojik sorunlarla başa çıkmada yetersiz kaldığı gözlemlenmektedir. Ekosistem ve ekonomik sistemler arasındaki bağlantılar, ekolojik iktisadın odak

noktasını oluşturmaktadır. Ekolojik iktisat tanımsal olarak ekosistemler ve ekonomik sistemler arasındaki ilişkileri en geniş anlamıyla ele alan ve çevre-ekonomi etkileşimine önem veren yeni bir disiplinler arası çalışma alanıdır. Bu ilişkiler insanlığın mevcut sorunlarının birçoğunun çözümünde ve sürdürülebilir bir gelecek inşa etmenin merkezinde yer almaktadır (Costanza ve diğerleri, 1991). Ekolojik iktisat etkileşimlerine olası bilimsel yaklaşımların basitleştirilmiş şeması Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Ekolojik iktisat perspektifinin basitleştirilmiş modeli (Munda, 1997)

Ekolojik iktisat olarak bilinen alanın temelleri 1980’li yılların sonunda atılmıştır (Van Den Bergh, 2001). Ekolojik iktisat tüm geleneksel ve heterodoks ekonomik düşünce okulları arasında, gelecek yüzyıllarda insanın hayatta kalmasıyla ilgili sorunları ele almaya hazır olan tek iktisat alanıdır. Ekonomik, biyofiziksel ve sosyal dünyaların karşılıklı bağlantılarını ve karşılıklı bağımlılığını açıkça tanıyan düşünce okuludur. Ekolojik iktisat henüz çok yeni olmasından dolayı tutarlı bir düşünce okulunda birleşmemiştir. Ancak neoklasik ortodoksiye kapsamlı bir alternatif olmak için heterodoks ekoller içinde önde gelenlerden biridir (Gowdy ve Erickson, 2005).

Ekolojik iktisat, neoklasik iktisadın içinde yer alan bir ekol değildir. Neoklasik, kurumsal veya Post-Keynesyen ekonomi gibi bir ekonomik paradigma da değildir. Ekolojik iktisat toplumun karşı karşıya olduğu kaynak problemlerini en geniş anlamda analiz etmek ve ele almak için hem sosyal hem de doğa bilimlerinin bir birleşimidir. Bu nedenle ekolojik iktisat normal olarak algılandığı gibi çevre sorunlarının araştırılmasıyla sınırlı değildir. Aynı zamanda uzun vadeli teknolojik değişim ve ekonomik büyüme üzerine doğal ve sosyal bilim perspektiflerinin entegrasyonunu da içermektedir (Stern, 1997).

Çevre ekonomisi esas olarak tüketici seçimi teorisi, mükemmel bilgi ve marjinal verimlilik dağıtım teorisi gibi neoklasik ekonominin aksiyomatik çevrevesi dahilinde çalışmaktadır. Buna karşılık ekolojik iktisat bu varsayımların bazılarını meydan okumakta ve ekonomik sistemi birlikte geliştirdiği sosyal ve ekolojik sistemlerle kavramsallaştırmaktadır (Gómez-Baggethun ve diğerleri, 2009). Bu açıdan bakılınca da ekolojik iktisat hem neoklasik iktisattan hem de çevre ekonomisinden farklılık göstermektedir.

Öncelikle çevre ekonomisi ve ekolojik iktisat, insan-ekonomi-çevre dinamiklerini anlamının altında yatan amacı analiz etmek için kullandıkları temel teorik çerçeve üzerinde farklılık göstermektedir. Çevre ekonomisi, neoklasik ekonominin metodolojik bireycilik, rasyonalite, marjinalizm, verimlilik kriteri ve genel denge modelleri gibi temel önermelerini çevresel sorunları analiz etmek için genişletirken, ekolojik iktisat enerji analizi ve ekolojik modelleme gibi çeşitlendirilmiş yaklaşımları benimsemektedir. Daha genel anlamıyla çevre ekonomisi, çevre konularının genel ekonomik konuların bir parçası olduğunu ve bu nedenle mevcut neoklasik ekonomik araçları ve ilkeleri, bunların temel yapısını değiştirmeden genişleterek, bu konuların iyi analiz edilebileceğini varsaymaktadır (Venkatachalam, 2007).

Neoklasik iktisatçılar için ekonomik büyüme bir sorun değildir. Neoklasik iktisatçılar sürdürülebilir kalkınmanın yeni teknolojilerin ve piyasa güçlerinin geliştirilmesi yoluyla sağlanabileceğine inanırlar. Ekolojik iktisatçılar ise teknolojinin gelişiminin önemli sınırları olduğuna ve daha fazla ekonomik büyümeden

ziyade yoksulluğu ve ekonomik kalkınmayı çözmek için yeniden dağıtımın gerekli olduğuna inanmaktadırlar. Bu doğrultuda bakılınca neoklasik iktisatçılar ile ekolojik iktisatçılar arasındaki mevcut tartışma, sürdürülebilirliğin tanımlanması, ekonomik büyümenin rolü ve çevresel kalitenin belirlenmesi etrafında şekillenmiştir (Greenwood ve Holt, 2008).

Ekolojik iktisatta optimal ölçek öne çıkarken neoklasik çevre iktisadında optimal dağılım ve dışsallık öne çıkmaktadır. Ayrıca ekolojik iktisatçılar sürdürülebilirliğinin önceliğine dikkat çekerken neoklasik iktisatçılar etkinliği öne koymuşlardır. Ekolojik iktisatçılar uzun döneme odaklanarak yerel topluluklar üzerinde bireysel rasyonalite ve belirsizliği öne çıkarırken neden-etki ilişkileri ile bütünleşik modeller kurulup çok boyutlu değerlendirmeler yaparken çevresel etik ve sistem analizleri üzerinde durmaktadırlar. Neoklasik çevre iktisatçıları ise kısıdan orta döneme odaklanmakta, küresel piyasa ve mahrum bırakılmış bireyler üzerine fayda ve kar maksimizasyonunu öne çıkarırken dışsal maliyetler ile uyarlanmış genel denge modelleri üzerine odaklanmaktadırlar. Ayrıca bunlar fayda-maliyet analizleri yaparak iktisadi değerlendirmeler yapmakta ve faydacılık ile işlevselciliği öne çıkarmaktadır (Van Den Bergh, 2001).

3. KAPİTALİZM ve EKOLOJİ

Tarihsel olarak kapitalizm var olmadan önce de insan faaliyetinin çevresel bozulmaya neden olduğu ve iktisadi krizlerin yaşandığı aşıkardır. Ancak kapitalizmin sürekli yatırım yapma ve servet biriktirme dürtüsü, hiç bitmeyen iktisadi ve çevresel krizlere yol açmaktadır. Kapitalizmin içsel bir dinamiği olan krizlerin yanı sıra bu amansız kâr arayışından türetilen ikinci bir temel kriz biçimi daha vardır: ekolojik bozulmanın hızlı büyümesi (Magdoff, 2002).

Sermayenin yeniden üretimi, doğal kaynakların kullanımına ve dönüştürülmesine bağlıdır. Bu nedenle iktisadi sistem, doğaya zarar vermeden ve görece maliyetsiz biçimde kendini muhafaza edemez. Doğal kaynak kullanımındaki artış, kapitalizm için ilave maliyetler yaratır ve bu maliyetler de kar oranlarını düşürür. Sermayenin kendi üretim koşullarını giderek artan ölçüde bozmasından dolayı ekolojik kriz ortaya çıkar. Bu bozulma, üretimin doğal zeminini bozacak kadar kirleterek direkt ya da çevreye atılan maliyetlerin yeniden içselleştirilmesi yoluyla dolaylı olarak karlılığın kendisi üzerinde çelişkili bir etki yaratmaktadır (Foster, 2002).

O'Connor kapitalizmin iki çelişkisi olduğunu savunur. Bu çelişkilerden ilki sermayenin emek üzerindeki sosyal ve politik gücü ile ilgilidir. Sermayedar kesim emek üzerinde çok fazla güç uygularsa, sömürü oranı yüksek olacaktır ancak kriz riski de büyük olacaktır. Bu nedenle geniş bir kredi yapısına, agresif bir pazarlamaya, sürekli ürün yeniliğine ve yoğun rekabete ihtiyaç duyulacaktır. Kapitalizmin ilk çelişkisi sistemin içindedir: üretim koşullarıyla hiçbir ilgisi yoktur. Kapitalizmin ikinci çelişkisi ise, doğanın maliyeti ile ilgilidir. Yani kapitalizmin; emeği, kentsel altyapıyı ve çevreyi iktisadi olarak yok eden bir biçimde kullanımına ilişkindir (O'Connor, 1991; O'Connor, 1998). Artan doğal kaynak kullanımında temel sorunsal, bu kaynakların yenilenemez veya çok uzun sürede yenilenebilir olmalarıdır. Doğal kaynaklar insan emeğinin bir ürünü değildir ve varlığı doğrudan doğanın kendisine bağlıdır. Nüfus veya ekolojik dinamikler ile üretim girdilerine duyulan ihtiyaç arasında çok önemli bir fark olabilir. Bu durumu O'Connor "kapitalizmin ikinci çelişkisi" olarak tanımlar. Sermayedar kesim maliyetleri düşürüp karlılığı arttırmak adına adımlar attıkça verimlilik azalmakta, doğaya zarar verilmekte ve bu aslında sermayedar kesimin ortalama maliyetlerini de arttırmaktadır (O'Connor, 1998; Hovardas, 2016).

Aslında insanlığın devamı, doğa ile maddi bir değiş tokuş yoluyla yaratılır. Bu maddi değişim sürecinin değiştirilmesi, potansiyel olarak toplumların gelişimini olumsuz etkileyebilir. Doğada ve toplumda bulunan koşullar birbirini etkiler ve şekillendirir. Birkaç yüzyıl boyunca kapitalizm, insanın doğa ile etkileşimini etkileyen küresel hegemonik iktisadi bir sistem olmuştur. İnsanın doğaya etkisi her toplumda var olmakla birlikte özellikle son dönemde büyük bir tehdit halini almıştır. Kapitalizmin genişlemesi doğal kaynaklara olan talebi artırır ve bu da sermayenin üretim maliyetlerini yükseltir. Zaman içinde bu durum kapitalizm için bir kriz yaratır (Clack ve York, 2005).

4. JEVONS PARADOKSU ÜZERİNE

İktisadi büyüme ve çevre ilişkisi üzerinde egemen olan Neoklasik paradigmaya göre, çevrenin ve doğanın korunması iktisadi büyüme ile uyumlu ve aynı zamanda orta/uzun vadede büyümeyi destekleyebilecek bir unsurdur. Teknolojik girdilerin, doğal kaynakların kullanımıyla birlikte verimlilik artışı sağlayacağı ve böylece talep üzerindeki baskıyı azaltacağı savunulur. Ancak verimlilik artışının sağladığı çevresel kazanım, diğer taraftan verimlilik artışına neden olan kaynağın aşırı tüketimini de hızlandırmaktadır. Bu eğilim ilk olarak 1865'te William Stanley Jevons tarafından ortaya konulmuştur. Jevons'a göre bir taraftan buhar motorlarında kömürün kullanılmasıyla birlikte verimlilik artışı sağlanırken diğer taraftan verimlilik artışına istinaden kömür tüketiminde genel bir artış ortaya çıkmaktadır. Jevons

Paradoksu³, doğal kaynakların kullanımındaki teknoloji ve verimliliğin, üretim ve tüketim kalıpları için belirgin bir karmaşıklık içerdiğini ve bunun genellikle ekolojik modernleşme savunucuları tarafından baltalandığını vurgular (Hovardas, 2016; York ve McGee, 2015). Yine Jevons, mevcut kömür miktarının, tüketimin artış hızından ve bu tüketimi yöneten doğal yasalardan daha az önemli olduğunu savunur. Tüketim artışını belirleyen unsurlar; kömürün kalitesi, madenlerin derinliği veya madencilik maliyetlerinden çok nüfus artışı, yeni buluşlar ile tüketme isteğidir (Alcott, 2005).

1860'larda Britanya'nın endüstriyel üretimi ve rekabet gücündeki üstünlüğünün, kömür rezervlerinin tükenmesiyle birlikte uzun vadede tehlikeye gireceğine ilişkin kaygılar gündeme gelmeye başlamıştır. O zamanlar, kömür rezervleri ve bunların endüstriyel tüketim ve iktisadi büyüme üzerindeki etkileri hakkında kapsamlı çalışmalar yapılmamıştır. Edward Hull'un 1861'de yayınlanan Coalfields of Great Britain eserinde, yalnızca kömür miktarı tahmin edilmiştir. Bu dönemde Jevons, İngiltere'nin endüstri büyümesinin ucuz kömüre dayandığını ve daha derin damarlar çıkarıldığı için artan kömür maliyetinin ekonomik durgunluğu tehdit ettiğini savundu. Ona göre Britanya'nın geleceği artık mısıra bağlı değildi. Tahıl Yasaları'nın yürürlükten kaldırılmasıyla birlikte mısır yerine kömür temel belirleyici olmuştur. Teknolojik bir gelişme veya kömür yerine başka enerji kaynaklarının ikame edilmesi bu durumu değiştiremeyecektir (Clark ve Foster, 2001).

Jevons 1865'de kaleme aldığı eserinde bir kaynağın verimlilik artışı nedeniyle kullanımının, o kaynağa yönelik talep artışını da beraberinde getireceğini ifade etmiştir. Verimlilik iyileştirmelerinin üretim ölçeğinde nasıl artışlara yol açtığını ve dolayısıyla kömür talebini nasıl artırdığını ortaya koymak amacıyla buhar motorunun tarihini araştırmıştır (Polimeni, 2008).

O, teknolojik bir gelişmenin bir kaynağı daha verimli hale getirdiği zaman, bilinenin aksine, söz konusu kaynağın toplam tüketiminin azalmayacağını aksine artacağını öne sürmüştür. Britanya'nın alışılmış yaşam tarzının sürdürülebilirliği ile siyasi ve iktisadi üstünlüğü konusunda Jevons'un endişeleri bir hayli fazladır. Buharlı motor teknolojisinde yapılan verimlilik artışı, kömür trenler için ekonomik bir enerji kaynağı haline getirmiş, kömür tüketimi daha önce hiç olmadığı kadar artış göstermiştir (Wolfe, 2012). Jevons bu durumu şu şekilde ifade eder (Jevons, 1906):

“...kömür arzındaki yetersizliğin, kömürü verimli ve ekonomik bir şekilde kullanımını sağlayacak yeni teknolojilerin geliştirilmesine neden olacağı ifade edilir. Tüketilen kömür miktarı sabit ve hatta azalan oranda iken, kömürden elde edilen faydalı iş miktarı artabilir. Kömürden elde edilen tasarrufun da gelecek nesillere aktarılacağı düşünülür...Ancak kömür bambaşka bir konudur. Bu yakıtın iktisadi kullanımının tüketimde azalmaya eşdeğer olduğunu varsaymak tamamen bir kafa karışıklığıdır. Bunun tam tersi geçerlidir. Kömür talebinde artışa yol açan şey kullanımının iktisadi olmasıdır. Geçmişte böyle olmuştur. Gelecekte de böyle olacaktır. Örneğin bir fırında kullanılan kömür miktarı verimlilik artışı nedeniyle azalırsa söz konusu ticaret karlı hale gelecektir. Bu alana yeni sermaye çekilecek, maliyetteki düşme ona olan talebi artıracak ve nihayetinde daha fazla sayıda fırın kömür talep edecektir”.

Jevons'un ortaya koyduğu bu paradoksa ilişkin potansiyel olarak birbirini tamamlayan iki açıklama öne çıkmaktadır. İlk olarak klasik ekonomik yaklaşımı takiben kömür kullanımının verimliliği arttıkça üretilen birim mal başına kömür maliyeti düşmektedir. Maliyetlerdeki bu azalma ise kömürü üreticiler için bir enerji kaynağı olarak cazip hale getirmekte ve böylece üreticileri kömür kullanan teknolojilere yatırım yapmaya yönlendirmektedir. İkinci olarak kapitalist üretim tarzlarının doğasında bulunan kârları artırma dürtüsü, üreticileri üretim birimi başına kaynak girdilerini azaltan verimlilik artışı yoluyla maliyetleri düşürmeye yöneltir. Aynı zamanda kaynak tüketiminin de artması kaçınılmaz olur. Jevons paradoksunun ekonomi politik yorumu, verimlilik ve toplam tüketim arasındaki ilişkinin öncelikle kapitalistlerin kâr arama davranışından kaynaklandığı şeklindedir (York, 2006).

Jevons, malların değerini belirleyen unsurun üretim maliyeti olduğunu savunan klasik iktisatçıları eleştirir. Jevons'a göre metallerin değerini belirleyen unsur, üretim maliyeti değil tüketilen son birime verilen fayda yani marjinal faydadır. Buna göre üretim maliyeti arzı etkilerken, arz ise nihai fayda derecesi ve nihai fayda derecesinin değerini etkilemektedir. Daha doğrusu iki metanın mübadele oranı, mübadele tamamlandıktan sonra tüketim için mevcut olan meta miktarının nihai fayda derecelerinin oranının karşılığı

³ Jevons paradoksu literatürde genellikle “rebound etkisi” ile eşanlamli olarak kullanılmaktadır. Rebound yani geri tepme etkisi, verimlilikteki gelişmelere bağlı olarak kaynak kullanımındaki artışlarla verimlilik kazanımlarının faydalarının kısmen tüketilmesi olarak tanımlanmaktadır. Yüzde sıfırlık bir geri tepme etkisi yani geri tepme etkisinin olmaması geliştirilmiş verimlilik nedeniyle kaynak kullanımındaki azalmaların tam olarak gerçekleştiği anlamına gelmektedir. Yüzde yüzlük bir geri tepme etkisinin olması ise verimlilikteki iyileştirmeler nedeniyle geliştirilmiş verimlilik uygulandıktan sonra toplam kaynak kullanımının daha fazla olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıntılı bilgi için bkz. Gunderson ve Yun, 2017.

olmaktadır. Bu durum üretim maliyetini düşürürken kaynak verimliliğinin verilen kaynağı kullanan metallerin marjinal faydasını azaltacağı ve doğrudan bu metallerin tüketimini ve dolaylı olarak değiş tokuş edildiği diğer metallerin tüketimini artıracacağı anlamına gelmektedir. Bu açıdan bakılınca kaynak verimliliği kaynakların daha az kullanılması için bir yol olmamaktadır. Çünkü üretim maliyetlerindeki azalma üreticilerin kaynakları daha fazla kullanmasına yol açarken tüketicilerin de tüketimini artırmaktadır (Trincado ve diğerleri, 2021).

Jevons analizlerinde klasik ekolün sınıf ve birikim üzerindeki merkezi vurgusunu terk etmiştir. O'na göre klasik ekol analizi, statik denge teorisi şeklinde olduğundan dinamik birikim ve büyüme sorunlarıyla başa çıkmak için yeterli donanımına sahip değildir. Ayrıca kapitalizm toplumsal olarak inşa edilmiş gerçeklikten öte bir fenomen olarak görülürken, klasik ekol sürekli artan talep için bireysel davranışa ve Malthusçu demografiye işaret etmekten başka açıklamalarda bulunmamıştır. Bununla birlikte Jevons analizini yaparken, toplumsal üretim ilişkilerinin kâr güdüsüyle değil insanların gerçek ihtiyaçları ve toplumun gereksinimleri tarafından yönetilen bir toplum doğrultusunda dönüştürülmesi fikri üzerinde durmamıştır. Yine ekolojik sürdürülebilirlik gibi bir sorunsal hiç olmamıştır (Clark ve Foster, 2001).

Bununla birlikte Jevons paradoksu yalnızca kömür ve diğer fosil enerji kaynaklarına olan talep açısından değil aynı zamanda genel olarak kaynak talebi açısından da doğruluğuna yönelik kanıtlar sunmaktadır. Örneğin son 50 yılda hektar başına gıda üretiminin verimliliğini iki katına çıkarmak, açlık sorununu çözmek bir yana, gıdaya ihtiyaç duyan insan sayısının ve yetersiz beslenen insanların mutlak sayısını artırdığından dolayı, daha da kötüleşmesine neden olmuştur. Aynı şekilde yolların iki katına çıkarılması trafik sorununu çözmek yerine kişisel araç kullanımını daha fazla teşvik ederek trafiğin durumunu daha da kötüleştirmiştir. Artan petrol fiyatlarının bir sonucu olarak da elektrikle çalışan veya hibrit otomobiller geliştirilmeye başlanmış ancak bu verimlilik artışı otomobil sahiplerinin daha çok araç kullanmasına neden olmuştur. Kısacası iktisadi ajanların mikro düzeyde enerji verimliliğini teşvik etmesi, tüm toplumun makro düzeyde enerji tüketimini artırma eğiliminde artışlara yol açmıştır (Giampietro ve Mayumi, 2006).

5. LİTERATÜR TARAMASI

1865 tarihinde Jevons'un kullanımı verimli hale gelen kaynak ile o kaynağın tüketimi arasındaki ters yönlü ilişkiyi ortaya koymasıyla birlikte Jevons paradoksu literatürdeki yerini almıştır. Ancak 1980'lere kadar çok fazla ilgi görmeyen Jevons paradoksu, özellikle 1980'lerden sonra CO₂ salınımındaki artışın çevreye verdiği zararın ortaya çıkmasıyla birlikte akademik çalışmalarda yer almaya başlamıştır. Bu çalışma sürecinde yapılan literatür taramasında konuya ilişkin ekonometrik çalışmaların daha kısıtlı olduğu görülmüştür. Ayrıca yapılan inceleme sonucunda Jevons paradoksuna yönelik yapılan ekonometrik çalışmalarda rebound etkisine odaklanıldığı ve ağırlıklı olarak enerji etkinliğinin tüketim üzerindeki etkisinin analiz edildiği saptanmıştır. Literatürde Jevons paradoksuna yönelik yapılan çalışmalardan bazıları çalışmanın bu bölümünde açıklanmıştır.

Xu ve diğerleri (2021), tarafından gerçekleştirilen çalışmada Çin'deki 30 il üzerine bir incelemede bulunulmuştur. Dönem olarak ise 2000-2017 dönemi baz alınarak tarımsal su kullanımı, etkin sulanan alan, yağış (milimetre), kurak alan, ekili alan ve ekim yapısı değişkenleri kullanılmıştır. Çalışmada tarımsal su kullanım verimliliğini artırmanın su kıtlığını azaltacağı belirtilmiş ve tarımsal su kullanım verimliliği ile su tasarrufunun rebound etkisi ile dengelenebileceği ileri sürülmüştür. Bu nedenle bu çalışmada tarımsal su kullanımının rebound etkisi analiz edilmiştir. Analiz sonucunda Jevons paradoksu da olarak bilinen rebound etkisini %88,81 olduğu anlaşılmıştır.

Ceddia (2019), tarafından yapılan çalışmada Jevons paradoksunun analiz edilmesi için 10 Latin Amerika ülkesinin 1990-2010 dönemi verilerinden yararlanılmıştır. Çalışmada hem temsili hem de kontrol değişkenler olmak üzere toplamda 9 farklı değişken kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmada artan tarımsal üretkenlik bağlamında eşitsizliğin farklı yönlerinin tarımsal genişlemeyi veya daralmayı teşvik edip etmediğinin test edilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak tarımsal üretkenlikteki artışların tarımsal genişlemeyi teşvik ettiği ifade edilmiş böylece Jevons paradoksu söz konusu ülkeler için doğrulanmıştır.

Akıncı ve diğerleri (2018), tarafından gerçekleştirilen çalışmada Türkiye örneği üzerinden Jevons paradoksu olarak da bilinen rebound etkisinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için rebound (enerji etkinliği), büyüme, enerji ithalatı, enerji tasarrufu, enerji tüketimi, enerji üretimi, enflasyon ve cari açık çevre değişkenlerinin 1967-2015 dönemi verilerinden yararlanılmıştır. Sonuçta değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu ve Türkiye ekonomisi için enerji verimliliği ve üretimdeki artış doğrultusunda enerji tüketiminin artma eğilimi göstereceği yönündeki Jevons paradoksunun geçerli olduğu ileri sürülmüştür.

Murshed (2018), çalışmasında Jevons paradoksunun analiz edilmesinde Bangladeş ve Hindistan olmak üzere iki ülke örneğinde incelemede bulunulmuştur. Bunun için söz konusu ülkelerin 1990-2016 dönemi verilerinden yararlanılmıştır. Analizin gerçekleştirilmesinde yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, elektrik tüketimi, doğal gaz tüketimi, kömür tüketimi, petrol tüketimi, birincil

enerjinin enerji yoğunluk seviyesi, kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH), hükümet harcamaları, nüfus büyümesi, net resmi kalkınma yardımı, havale girişi ve doğrudan yabancı yatırım girişi olmak üzere çoklu değişken örnekleminde çalışılarak analiz sonucunun güvenilirliği artırılmıştır. Sonuçta yenilenebilir enerji, elektrik ve kömür tüketimi bağlamında Jevons paradoksunun geçerli olduğu ileri sürülmüştür. Ayrıca yapılan nedensellik testi sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

Singh ve Narayanan (2015), tarafından yazılan çalışmada Hindistan eyaleti olan Andhra Pradesh Eyaleti üzerine incelemede bulunulmuştur. Bunun için ekin genişlemesi, verim kazancı, kırpma yoğunluğundaki değişiklik, nüfus artışı, kentsel nüfus artışı, okuryazar sayısında artış, ekin payı, kişi başına enerji arzı ve yol genişletme değişkenlerinin 1970-2009 dönemi verilerinden yararlanılmıştır. Çalışmada refah, nüfus ve teknolojinin kaynak kullanımı üzerindeki etkisini analiz etmek için bir regresyon modeli kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Andhra Pradesh'de arazi tasarrufu hipotezini çürütürken, Jevons paradoksunun geçerli olduğunu doğrulamıştır.

Ceddia ve diğerleri (2013), tarafından gerçekleştirilen çalışmada Jevons paradoksunun test edilmesinde tarım arazisi, tarımsal çıktı değeri, nüfus, tarım ihracat endeksi, kişi başına GSYH, dış borç servisi, tarımsal katma değer, yolsuzluk kontrol endeksi, hukukun üstünlüğü endeksi, ses ve hesap verebilirlik endeksi değişkenlerinden yararlanılmıştır. Ülke örneklemini olarak ise Tropikal Güney Amerika Ülkeleri'nin 1970-2006 dönemi verilerinden yararlanılmıştır. Kamu yönetişiminin kalitesi ile tarımsal yoğunlaşma arasındaki etkileşim analize dahil edildiğinde yüksek yönetim değerleri için bir Jevons paradoksunun meydana geldiği tahmin edilmiştir. Ayrıca çalışmada gerçekleştirilen analizin genel olarak çevresel Kuznets eğrisi hipotezini reddettiği de görülmüştür.

Clement (2011), tarafından gerçekleştirilen çalışmada Jevons paradoksunun analiz edilmesinde diğer çalışmalardan farklı olarak çevre üzerine odaklanılmıştır. Bunun için Birleşik Devletler'in 1963-1997 dönemi karbon emisyonu, toplam nüfus büyüklüğü, kişi başına GSYH ve sanayileşme değişkenlerinin verilerinden yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan analiz sonucunda Jevons paradoksunun geçerli olduğu ileri sürülmüştür. Ayrıca teknolojik gelişmenin iklime sağladığı faydanın asgari düzeyde olduğu ifade edilmiştir.

Polimeni (2007), tarafından yapılan çalışmada 18 Avrupa Birliği üyesi ülkeler örneklemini üzerinden Jevons paradoksu incelenmiştir. Bunun için söz konusu ülkelerin 1980-2004 dönemi verilerinden yararlanılmıştır. Analizin gerçekleştirilmesinde toplam birincil enerji tüketimi, nüfus yoğunluğu, nüfus, kentsel nüfus, kırsal nüfus, GSYH, ihracat, ithalat, hanehalkı tüketimi, hükümet tüketimi ve enerji yoğunluğu olmak üzere toplamda 11 değişkenden yararlanılmıştır. Bu ise çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizin kapsamını genişletmiştir. Model içerisinde ele alınan ülkeler içerisinde Jevons paradoksunun geçerli olduğuna yönelik ampirik kanıtlar sunulmuştur. Ayrıca Jevons paradoksunun sadece bir sektöre ya da ürüne yönelik olmayıp ekonomi çapında geçerli olduğu ileri sürülmüştür.

Yapılan literatür incelemesiyle birlikte Jevons paradoksunun geçerliliğinin özellikle enerji etkinliği ve tüketimi arasındaki ilişki üzerinden inceleme konusu olduğu görülmektedir. Bu durumda Jevons paradoksunun geçerliliğinin test edilmesinde çevre unsurunun ihmal edildiği görülmektedir. Bu çalışmada da bu eksikliğin giderilmesi amaçlanarak Jevons paradoksunun geçerliliğinin test edilmesinde çevre üzerine odaklanılarak diğer çalışmalardan ayrışma sağlanmıştır.

6. METODOLOJİ ve VERİ SETİ

Bu çalışmada sanayileşmenin ve teknolojik gelişmenin çevreye etkisi bakımından Jevons paradoksunun geçerliliğinin analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Bu zamana kadar yapılan çalışmalarda genellikle çevre kirliliğinin en fazla olduğu gelişmiş ülkeler tercih edilmiştir. Ancak bu çalışmada finansal serbestliğe giderek yabancı sermaye girişine izin veren, böylece büyüme ivmesi kazanması hedeflenen yükselen ekonomiler için Jevons Paradoksunun test edilmesi amaçlanmıştır. Böylece bu ülkelerin büyüme amacına ulaşılacak adına adımlar atarken çevrenin nasıl etkilendiği gözler önüne serilmek istenmiştir. Bu nedenle IMF tarafından 2015 tarihli dünya ekonomik görünüm raporunda yer verilen yükselen piyasa ekonomilerinden 15 ülkenin (Arjantin, Bangladeş, Brezilya, Endonezya, Güney Afrika, Hindistan, Kolombiya, Malezya, Meksika, Pakistan, Peru, Romanya, Şili, Tayland, Türkiye) 1990-2017 dönemi verilerinden yararlanılmıştır. Çalışmanın 2017 yılı ile sınırlı kalmasının sebebi kullanılan değişkenlerin zaman aralığının birbirinden farklı olması ve bu yıllar arasında ortak dengede buluşmasıdır. Bu açıdan da diğer çalışmalardan farklılık sergilenmiştir. Model oluşturulurken Jevons paradoksunu temsil edebilecek ve çevre üzerinde etkili olabilecek değişkenler dikkate alınmış ve böylece genel bir model oluşturulmuştur. Bu değişkenler içerisinde çevreyi temsilen ekolojik ayak izi modelde bağımlı değişken olarak ele alınmış, bağımsız değişken olarak teknolojik gelişme ve sanayileşme verileri Jevons paradoksunun geçerliliğinde kullanılmıştır. Bunlara ek olarak ekonomik büyüme, ticari açıklık ve enerji tüketimi verileri de modele kontrol değişkeni olarak alınmıştır. Böylece modelde 5 farklı bağımsız değişken kullanılmıştır. Bu kapsamda oluşturulan panel veri modeli Eşitlik 1'de gösterilmiştir.

$$EFP_{it} = b_0 + b_1TEKN_{it} + b_2SANAY_{it} + b_3GDP_{it} + b_4TRD_{it} + b_5EC_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

Eşitlik 1’de EFP, ekolojik ayak izi; TEKN, teknolojik gelişmeyi; SANAY, sanayileşmeyi; GDP, ekonomik büyümeyi; TRD, ticari açıklığı ve son olarak EC, enerji tüketimini temsil etmektedir. Ayrıca panel veri setleri kapsamında *i* ve *t* sırasıyla yatay kesit (ülke) ve zaman boyutlarını göstermektedir. μ_{it} ise hata terimini ifade etmektedir. Bu model kapsamında kullanılan değişkenler ve bunların açıklamaları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Modelde kullanılan değişkenler ve açıklamaları

Kısaltma	Değişken	Kaynak
EFP	Ekolojik Ayak İzi	Footprintnetwork
TEKN	Teknolojik Gelişme	Dünya Bankası
SANAY	Sanayileşme	Dünya Bankası
GDP	Ekonomik Büyüme	Dünya Bankası
TRD	Ticari Açıklık	Dünya Bankası
EC	Enerji Tüketimi	Dünya Bankası

Tablo 1’de verilen değişkenler kullanılarak çalışmada yükselen piyasa ekonomileri üzerinde Jevons paradoksunun geçerliliği sınanmıştır. Bunun için panel veri çalışmalarında önemli bir sorun teşkil eden yatay kesit bağımlılığı incelenerek çalışmaya başlanmıştır. Akabinde homojenlik testi yapılarak serilerin homojen mi yoksa heterojen mi oldukları incelenmiştir. Değişkenlerin birim kök içerip içermediğinin tespit edilmesi için Boot-IPS birim kök testi kullanılmış ve uzun dönemli katsayıların yorumlanmasında CCEMG tahmincisinden yararlanılmıştır.

6.1. Yatay Kesit Bağımlılığı

Panel veri çalışmalarının yatay kesit bağımlılığın test edilmesi oldukça önemli bir konudur. Çünkü yatay kesitin bağımlı olup olmadığına göre uygulanacak birim kök testlerine karar verilecektir. Şöyle ki yatay kesitin bağımsız olduğu durumlarda birinci nesil birim kök testlerinin uygulanması gerekirken, yatay kesitin bağımlı olduğu durumlarda ikinci nesil birim kök testlerinin uygulanması gerekmektedir. Böylece değişkenlerin durağanlık seviyeleri en doğru şekilde tespit edilmiş ve yapılacak analizle birlikte en doğru sonuca ulaşılmış olunacaktır. Bunun için panel veri analizlerine öncelikle yatay kesit bağımlılığının test edilerek başlanması gerekmektedir. Standart bir panel veri modeli düşünüldüğü zaman ki Eşitlik 2’de gösterilmiştir (De Hoyos ve Sarafidis, 2006):

$$y_{it} = \alpha_i + \beta'x_{it} + \mu_{it}, \quad i = 1, \dots, N \text{ ve } t = 1, \dots, T \quad (2)$$

Eşitlik 2’de x_{it} , $K \times 1$ regresör vektörü olup β , tahmin edilecek parametrelerin bir $K \times 1$ vektörüdür. α_i ise zamanla değişmeyen bireysel parametreleri temsil etmektedir. Sıfır hipotezi altında μ_{it} ’in bağımsız olduğu ve periyotlar boyunca ve yatay kesit birimleri arasında özdeş olarak dağıldığı varsayılmaktadır. Alternatif hipotez altında ise enine kesitler arasında bağlantı olabileceken seri bağlantı olmadığı varsayımı kabul edilmektedir. Böylece ilgili hipotezler:

$$H_0: \rho_{ij} = \rho_{ji} = \text{cor}(\mu_{it}, \mu_{jt}) = 0 \quad i \neq j$$

$$H_1: \rho_{ij} = \rho_{ji} \neq 0 \quad i \neq j$$

Burada ρ_{ij} korelasyon katsayısıdır ve Eşitlik 3’deki gibi verilir:

$$\hat{\rho}_{ij} = \hat{\rho}_{ji} = \frac{\sum_{t=1}^T \mu_{it} \mu_{jt}}{(\sum_{t=1}^T \mu_{it}^2)^{1/2} (\sum_{t=1}^T \mu_{jt}^2)^{1/2}} \quad (3)$$

6.2. Homojenlik Testi

Tüm *i* için eğim homojenliği sıfır hipotezini ($H_0: \beta_i = \beta$) heterojenlik hipotezine karşı test etmenin en bilinen yolu *i* = *j* için ikili eğimlerin sıfır olmayan bir kesri için ($H_1: \beta_i = \beta_j$) uygulamaktır. Standart F testi, kesit boyutunun (*N*) nispeten küçük ve panelin zaman boyutunun (*T*) büyük olduğu durumlarda geçerlidir. Açıklayıcı değişkenler kesinlikle dışsaldır ve hata varyansları homoskedastiktir. Swamy (1970), F testinde homoskedastisite varsayımını gevşeterek, uygun bir havuzlanmış tahminden bireysel eğim tahminlerinin dağılımı üzerinde eğim homojenliği testini geliştirmiştir. Bununla birlikte, hem F hem de Swamy testi, *N*’nin *T*’ye göre küçük olduğu panel veri modellerini gerekli kılmıştır. Pesaran ve Yamagata (2008), büyük panellerde eğim homojenliğini test etmek için Swamy testinin standartlaştırılmış bir versiyonunu önermiştir. Bu test, (*N*, *T*) → ∞ olarak, hata terimleri normal olarak dağıtıldığında, *N* ve *T*’nin bağıl genişleme

oranlarında herhangi bir kısıtlama olmaksızın geçerlidir. Ayrıca bu test yaklaşımında, ilk adım Swamy testinin aşağıdaki Eşitlik 4'te değiştirilmiş versiyonunu hesaplamaktır (İnglesi-Lotz ve diğerleri, 2015):

$$\tilde{S} = \sum_{i=1}^N (\hat{\beta}_i - \hat{\beta}_{WFE})' \left(\frac{X_i' M_t X_i}{\hat{\sigma}_i^2} \right) (\hat{\beta}_i, - \hat{\beta}_{WFE}) \quad (4)$$

Burada $\hat{\beta}_i$, havuzlanmış OLS tahmincisidir. $\hat{\beta}_{WFE}$ ise ağırlıklı sabit etkili havuzlanmış tahmin edicidir. M_t bir kimlik matrisi olup $\hat{\sigma}_i^2$ ise σ_i^2 'nin tahmincisidir. Pesaran ve Yamagata (2008), Swamy (1970) testinin standartlaştırılmış bir versiyonuna dayanarak, büyük N ve T içeren panel veriler için eğim homojenliği için bir test önerdi. Test istatistiği Eşitlik 5'te verilmektedir (Bersvendsen ve Ditzgen, 2020):

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{\sqrt{N}} \left(\frac{\sum_{i=1}^N \bar{d}_{i-k_2}}{\sqrt{2k}} \right) \quad (5)$$

burada istatistik H_0 altında asimptotiktir. Normal dağılmış hatalar durumunda, ayarlanan ortalama varyans sapması ise aşağıdaki Eşitlik 6'daki gibi ifade edilmektedir:

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} \sum_{i=1}^N \bar{d}_{i-k_2}}{\sqrt{Var(\tilde{Z}_{i,T_i})}} \right) \quad (6)$$

Eşitlik 7'de Var ise aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Var(\tilde{Z}_{i,T_i}) = \frac{2k_2(T_i - k_1 - 1)}{T_i - k_1 + 1} \quad (7)$$

6.3. Birim Kök Testi

Panel verilerin birim boyutunun yanı sıra zaman boyutunun da olması veriyi yaratan sürecin belirlenmesi için serinin durağanlığının araştırılmasını gerektirir. Panel birim kök testlerinin zaman serisi birim kök testlerinden en büyük farkı, hem zaman hem de kesit boyutu nedeniyle panel serilerinin asimptotik davranış sergileyebilir olmalarıdır. Panel serilerde birimler arasında korelasyon olursa, testlerin asimptotik özellikleri etkilenebilecektir. Bundan dolayı birimler arasındaki korelasyonun varlığına göre farklı birim kök testleri geliştirilmiştir. Literatür içerisinde birimler arasında korelasyon olmadığı durumda uygulanan testlere birinci nesil birim kök testleri denilirken, birimler arasında korelasyonun olması durumunda kullanılan testlere ikinci nesil birim kök testleri denilmektedir (Şak, 2021).

İkinci nesil birim kök testleri; Smith ve diğerleri (2004) Bootstrap-IPS, Breuer ve diğerleri (2001) SUR-ADF, Pesaran (2007), CADF ve CIPS, Westerlund ve Hosseinkouchack (2016)'ın Modified CADF ve CIPS, Hadri ve Kurozumî'nin (2012) CA-Hadri, Bai ve Ng'nin (2004) PANIC, Reese ve Westerlund (2016)'un PANIC-CA testleridir (Bayar, 2020). Bu çalışmada kullanılan Boot-IPS birim kök testi, zaman serilerini ve yatay kesit bağımlılığını dikkate almak için bootstrap blokları vesilesiyle bir süzgeç örnekleme şemasından faydalanmaktadır. Testte \bar{t} test istatistiğinin sonuçları dikkate alınmakta ve temel hipotez birim kök olduğu varsayımı altında kurulmaktadır. Analiz sonucunda temel hipotez reddedilirse en azından tek bir ülkede söz konusu değişken için durağanlığın bulunduğu anlaşılmaktadır. \bar{t} test istatistiği, Im-Pesaran-Shin (2003)'ün geliştirdiği ve IPS olarak adlandırılan istatistiğin bootstrap versiyonunu oluşturmaktadır. Bu istatistik aşağıdaki Eşitlik 8'deki gibi hesaplanmaktadır (Uğur, 2021):

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i T \quad (8)$$

6.4. CCEMG Tahmincisi

Panel çalışmalarda heterojen eğim katsayısı tahminine izin veren birkaç alternatif tahmin bulunmaktadır. Bunlardan ikisi mean group (MG) ve common correlated effect mean group (CCEMG) tahmincileridir. Pesaran ve Smith (1995) tarafından geliştirilen MG tahmincisi, öncelikle her bir kesite sıradan en küçük kareler tahminini uygulayarak, ardından da panel birimleri boyunca tahmin edilen eğim katsayılarının ortalamasını uygulayarak heterojenliği ele almaktadır. MG tahmincisinin spesifikasyonu Eşitlik 9'da gösterilmiştir (Topcu ve Payne, 2017):

$$\hat{\beta}_{MG} = N^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{\beta}_i \quad (9)$$

burada $\hat{\beta}_{MG}$, bireysel tahmin edicilerin basit bir ortalamasıdır. MG tahmincisi, panel birimleri arasında heterojenliğe ve korelasyona izin verse de kesit bağımlılığını ele almaz. CCEMG tahmincisi, eğim katsayılarının panel birimleri arasında değişmesine izin vermenin yanı sıra kesit bağımlılığını da içerir. CCEMG tahmincisinin gösterimi Eşitlik 10'da gösterilmiştir.

$$\hat{\beta}_{CCEMG} = N^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{\beta}_i \quad (10)$$

burada $\hat{\beta}_{CCEMG}$ yine bireysel tahmin edicilerin basit bir ortalamasıdır. CCEMG, MG tahmincisinin enine kesit artırılmış versiyonu olduğundan, Eşitlik 9'da sunulan tahminci Eşitlik 10'daki ile tamamen aynı olmaktadır.

7. AMPİRİK BULGULAR

Panel veri çalışmalarında serilerin yatay kesit bağımlılığı içerip içermediği önemli bir sorun teşkil etmektedir. Çünkü yatay kesit bağımlılığının olması durumunda ikinci nesil birim kök testleri kullanılması gerekirken, yatay kesit bağımlılığının olmaması durumunda birinci nesil birim kök testleri kullanılarak serilerin birim kök içerip içermediğinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Aksi halde serilerin durağanlık seviyeleri doğru tespit edilemeyeceği için yapılan analizler doğrultusunda elde edilecek bulgular doğru sonuçlara yönlendirmeyecektir. Bunun için çalışmada uygulama kısmına ilk olarak yatay kesit bağımlılığı tespit edilerek başlanmıştır. Çalışma kapsamında yapılan yatay kesit bağımlılığı test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Yatay kesit bağımlılığı test sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>CD-test</i>	<i>Olasılık Değeri</i>
EFP	12,791	0,000
TEKN	10,427	0,000
SANAY	12,104	0,000
GDP	50,482	0,000
TRD	18,78	0,000
EC	21,234	0,000

Her bir değişkene ayrı ayrı uygulanan yatay kesit bağımlılığı test sonuçları Tablo 2'den elde edilen sonuçlar doğrultusunda incelendiğinde tüm değişkenlerde olasılık değerinin %1 anlamlılık düzeyinden düşük olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuç yatay kesitin bağımsız olduğu yönündeki temel hipotezin reddedilip alternatif hipotezin kabul edildiğini göstermektedir. Bu doğrultuda değişkenlerin her birinin yatay kesit bağımlılığı içerdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı içermesi değişkenlerin birim kök içerip içermediğinin anlaşılmasında ikinci nesil birim kök testleri uygulanması gerektiğini göstermektedir. Ancak bu noktada da bir diğer önemli sorun olan homojenliğin var olup olmadığıdır. Bunun için birim kök testleri yapılmadan önce değişkenlere homojenlik testi uygulanmıştır. Uygulanan Delta homojenlik testi sonunda elde edilen sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Delta homojenlik testi sonuçları

<i>Test</i>	<i>Delta</i>	<i>P-değeri</i>
Δ	11,223	0,000
$\Delta_{adj.}$	12,959	0,000

Tablo 3'ten elde edilen sonuçlar incelendiğinde iktisadi modellerde en çok kabul gören %1 anlamlılık düzeyinde homojenliği kabul eden temel hipotezin reddedilerek heterojenliği kabul eden alternatif hipotezin kabul edildiği görülmektedir. Dolayısıyla bundan sonraki aşamada heterojenliği kabul eden ikinci nesil birim kök testlerinin uygulanması gerekmektedir. Bu amaçla bu çalışmada Boot-IPS birim kök testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Boot-IPS birim kök testi sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>Olasılık Değerleri</i>		<i>Sonuç</i>
	<i>Seviyede</i>	<i>Birinci Farkında</i>	
EFP	0,128	0,000	I(1)
TEKN	0,016	-	I(0)
SANAY	0,843	0,000	I(1)
GDP	0,979	0,001	I(1)
TRD	0,720	0,000	I(1)
EC	0,874	0,000	I(1)

Yatay kesit bağımlılığı altındaki Boot-IPS ikinci nesil birim kök testi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Bu doğrultuda elde edilen sonuçlar teknolojik gelişmeyi temsil eden TEKN değişkeninin seviyede durağan olduğu görülürken, diğer tüm değişkenlerin birinci farkında durağan olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuç değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin incelenmesinde ARDL (Autoregressive Distributed Lag Test) analizi kullanılması gerektiğini göstermiştir. Çünkü ARDL analizi bağımlı değişkenin I(1), bağımsız değişkenlerin ise farklı seviyelerde durağan olduğu durumda değişkenlerin analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bundan dolayı çalışmada ARDL analiz yöntemi olan CCEMG yöntemi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. CCEMG panel test sonuçları

<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>Olasılık</i>
TEKN	0,002	0,005	0,770
SANAY	0,017	0,007	0,024
GDP	0,000	0,000	0,041
TRD	-0,001	0,004	0,837
EC	-0,008	0,007	0,221

Not: Bağımlı Değişken: EFP

Tablo 5'ten elde edilen sonuçlar incelendiği zaman %5 anlamlılık düzeyinde sanayileşmede meydana gelen bir birimlik bir artışın çevresel kirlenmeyi temsil eden ekolojik ayak izini 0,017 birim artırdığı görülmektedir. Bununla birlikte ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında da pozitif bir ilişki bulunmuştur. Diğer değişkenlerin ise katsayıları anlamsız olduğu için yorumlanamamıştır. Elde edilen bu sonuç doğrultusunda Jevons paradoksunun doğruluğu kabul edilmiştir. Çünkü Başol (2018)'inde çalışmasında belirttiği üzere Jevons, teknolojik gelişmenin kullanılan kaynağın verimliliğini artıracak ve bunun da kaynağın tüketiminde artma meydana getireceğini ileri sürerken tüketilen bu kaynakların çevresel açıdan daha fazla kirliliğe neden olacağını savunmuştur. Yani gelişme ile çevre kirliliği arasında pozitif bir ilişki olduğunu kabul etmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada gelişmeyi temsilen sanayileşme ve ekonomik büyümenin çevresel kirlenmeyi artırdığı doğrulanmıştır. Bu sebeple Jevons paradoksunun geçerliliği kabul edilmiştir.

8. SONUÇ

19. yüzyılın ortalarında Jevons tarafından ortaya konan paradoks, aslında mevcut sistemin doğa ile sürdürülebilir bir ilişkisinin mümkün olmadığını da gözler önüne sermektedir. "Sınırsız birikim" beklentisi direkt olarak doğanın kendi dengelerini bozmaktadır. Kapitalist üretim biçiminde, verimlilik artışı kullanılan kaynağın maliyetini düşürse bile doğal kaynaklara dayalı enerjiden yararlanmaya devam edilecektir. Doğal kaynak kullanımındaki artış da hangi kaynak olursa olsun karbon salınımını artırarak atmosfere zarar verecektir.

Halen iktisadın vazgeçilmezi olan iktisadi büyüme, en büyük problemlerimizden biri haline gelen doğanın tahribatına rağmen desteklenmektedir. Teknolojik gelişmenin uzun dönemde çevre kirliliğini azaltacağı ve doğal kaynak kullanımını sınırlandıracağı savunulur. Ancak teknolojik gelişme kaynakların verimliliğinde artışa yol açsa da kaynak talebine bağlı olarak tüketim artışını da daima beraberinde getirecektir. Jevons'un ifade ettiği gibi bu kaynakların kullanımındaki artış kaynakların maliyetlerini artıracak, kaynak kullanımına giderek daha fazla başvurulacak ve bu kaynaklar uzun dönemde kendini yenileyebildikleri için noksan olmaları verimlilik artışını da düşürecektir. Verimlilik artışı düşerken çevre kirliliği de her geçen gün daha da büyük bir problem olarak karşımıza çıkacaktır.

Jevons'un çalışmasında amaç İngiltere hegemonyasının sürdürülebilirliği ile ilgilidir. Artık günümüzün temel problemi ise mevcut sistem ile dünyanın ne kadar sürdürülebilir olduğu ile ilgilidir. Büyümenin yerine toplumsal olarak kalkınmanın, eşitliğin, insani gelişme düzeyinin artırılması artık temel hedef olarak belirlenmelidir. İçerisinde bulunduğumuz pandemi koşulları da aslında bazı şeylerin değişme vaktinin geldiğinin en büyük kanıtıdır.

Bu çalışmada Jevons paradoksunun analizinde ekonomi politik ile ekonometrik yöntemlerin bir bileşiminden yararlanılmıştır. Büyümenin çevre üzerinde yol açtığı tahribat hem teorik hem de ekonometrik bir gözle ortaya konulmaya çalışılmıştır. Jevons paradoksu, teknolojik ilerleme ve verimlilik artışlarının kısa dönemde, ekonomik büyümeyi artırdığı ve ekolojik kirlenmeyi engellediği, buna karşılık uzun dönemde teknolojik ilerlemenin çok daha fazla kaynak kullanımına neden olarak ekolojik kirlenmeyi artırdığını ifade etmektedir. Bu açıdan da teknolojik gelişme ve bu gelişmeyi temsil eden sanayileşme veya ekonomik büyüme gibi birçok değişkenin çevre üzerindeki etkisinin analiz edilmesi Jevons paradoksunun geçerliliğinin doğrulanması için büyük bir önem arz etmektedir. Bu amaçla bu çalışmada büyüme artışı için finansal serbestleşmeye giden yükselen ekonomiler seçilmiş 15 yükselen piyasa ekonomisinde ekolojik ayak izi verilerinden yararlanılarak Jevons paradoksunun uzun dönemde geçerliliğinin test edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada gelişmişlik göstergesi olarak teknolojik gelişme, sanayileşme, ekonomik büyüme, ticari açıklık ve enerji tüketimi verilerinden yararlanılmıştır. Söz konusu yükselen piyasa ekonomilerinde bu değişkenlerin 1990-2017 arası verilerinden yararlanılmıştır.

Çalışmada Jevons paradoksunun geçerliliğinin doğrulanabilmesinde en doğru sonuca ulaşılması için panel veri analizlerinde önemli bir sorun teşkil eden yatay kesit bağımlılığı test edilmiş ve yatay kesitin bağımlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Akabinde Delta homojenlik testi yapılarak heterojenlik varsayımı kabul edilirken bundan sonraki kısımda yatay kesit bağımlılığı ve heterojenlik varsayımını kabul eden Boot-

IPS birim kök testi uygulanmıştır. Bu test sonucunda tüm değişkenler birinci farkında durağan çıkarken sadece teknolojik gelişmenin seviyede durağan olduğu tespit edilmiştir. Bundan dolayı uzun dönemli katsayıların yorumlanmasında CCEMG tahmincisinden yararlanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda ise %5 anlamlılık düzeyinde sanayileşmede ve ekonomik büyümede meydana gelen artışın çevresel kirlenmeyi artırdığı gözlemlenmiştir. Diğer değişkenlerin ise katsayıları anlamsız olduğu için yorumlanamamıştır. Bu sonuç Jevons paradoksunun ileri sürdüğü gibi uzun dönemde yaşanan gelişmenin ve ekonomik büyümedeki artışın çevresel kirlenmeyi artırdığı varsayımını doğrulamıştır. Bu sebeple bu çalışmada Jevons paradoksunun geçerliliği kabul edilmiştir. Söz konusu ülkelerin ortak verilerinin 1992-2017 yılları arasında temin ediliyor oluşu çalışmanın kısıtını oluşturmaktadır. Ancak söz konusu dönem için elde edilen bu sonuç Jevons paradoksunun geçerliliğini destekler niteliktedir. Çalışmamız çevre üzerine odaklanan Clement (2011)'in ABD için ve Akıncı ve diğerlerinin (2018) Türkiye için yaptığı analiz sonuçları ile de uyumludur. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda, Jevons paradoksunun geçerliliği diğer ülke grupları için test edilebilir. Ayrıca enerji etkinliği ve tüketimi ilişkisinden yararlanılarak analizler yapılabilir.

Jevons Paradoksu'nun da ortaya koyduğu üzere büyümenin temel amaç olmaktan çıkarılıp küçülmenin (degrowth) temel alınmasının zamanı gelmiştir. Artık kaynakların ihtiyaçlar doğrultusunda kullanılması, tüketim ve üretimin kooperatifler aracılığı ile yönlendirilmesi, çevreye zarar veren şirketlere ağır yaptırımların ve bu zararı veren ülkeler için çevre vergilerinin uygulanması, yenilenebilir kaynakların kendini yenileyebilmeleri için gerekli sürenin farkında olunması ve bu doğrultuda kaynak kullanımına sınırlamaların getirilmesi çevrenin korunmasında atılacak ilk adımlardır. Öyle görünüyor ki kapitalizmin o "her şeye rağmen sermaye birikimi/her şeye rağmen büyüme" mottosu ve teknolojik gelişmenin doğaya verilen zararı uzun dönemde telafi edeceği inancı sürdükçe Jevons paradoksu da geçerliliğini korumaya devam edecektir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Ecem Turgut: Modelleme, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme Yeliz Sariöz Gökten: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Analiz, Makale Yazımı- orijinal taslak Ecem Turgut: Modelling, Data Curation, Analysis, Writing-review and editing Yeliz Sariöz Gökten: Literature review, Conceptualization, Methodology, Analysis, Writing-original draft

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the author(s) that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Akinci, M., Sevinç, H. ve Yılmaz, Ö. (2018). "Jevons Paradoksu: Enerji Etkinliği ve Rebound Etkisi Üzerine Ekonometrik Bir Analiz". *Fiscaoeconomia*, 2(1), 77-98.
- Alcott, B. (2005), "Jevons' Paradox". *Ecological Economics*, 54, 9-21.
- Bai, J. ve S. Ng. (2004). "A Panic Attack on Unit Roots and Cointegration". *Econometrica*, 72(4), 1127-1177.
- Başol, O. (2018). "Dünyada ve Türkiye'de Yeşil İşlerin Gelişimine İlişkin Bir Değerlendirme." *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (636), 71-87.
- Bayar, E. (2020). "Teknolojik İnovasyonun Cinsiyetler Arası İstihdam Üzerindeki Etkisi: OECD Ülkeleri Üzerine Ekonometrik Bir Analiz". Yüksel Lisans Tezi, Şırnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Şırnak.
- Bersvendsen, T. ve Ditzén, J. (2020). xthst: "Testing for Slope Homogeneity in Stata". *Centre for Energy Economics Research and Policy Working Paper*, 11.
- Breuer, J.B., McNown, R. ve Wallace, M.S. (2001). "Misleading Inferences From Panel Unit- Root Tests with An Illustration from Purchasing Power Parity". *Review of International Economics*, 9(3), 482-493
- Ceddia, M.G. (2019). "The Impact of Income, Land, and Wealth Inequality on Agricultural Expansion in Latin America". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(7), 2527-2532.
- Ceddia, M.G., Sedlacek, S., Bardsley, N.O. ve Gomez-y-Paloma, S.J.G.E.C. (2013). "Sustainable Agricultural Intensification or Jevons Paradox? The Role of Public Governance in Tropical South America". *Global Environmental Change*, 23(5), 1052-1063.
- Clark, B. ve Foster, J.B. (2001). "William Stanley Jevons and The Coal Question: An Introduction to Jevons's of The Economy of Fuel". *Organization & Environment*, 14(1), 93-98.
- Clack, B. ve York, R. (2005). "Carbon Metabolism: Global Capitalism, Climate Change, and the Biospheric Rift". *Theory and Society*, 34(4), 391-428.
- Clement, M.T. (2011). "The Jevons Paradox and Anthropogenic Global Warming: A Panel Analysis of State-Level Carbon Emissions in The United States. 1963-1997". *Society & Natural Resources*, 24(9), 951-961.
- Costanza, R., Daly, H.E. ve Barthlomew, J.A. (1991). "Goals, Agenda and Policy Recommendations For Ecological Economics", in R. Costanza (ed.). *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*, 1- 20. Columbia University Press, New York.
- De Hoyos, R.E. ve Sarafidis, V. (2006). "Testing for Cross-Sectional Dependence in Panel-Data Models". *The Stata Journal*, 6(4), 482-496.
- Foster, J.B. (2002). "Capitalism and Ecology", *Monthly Review*, <http://napoletano.net/cursos/geomarx2018a/textos/Foster2002.pdf>, (Erişim Tarihi: 25.01.22).
- Giampietro, M. ve Mayumi, K. (2006). "Efficiency, Jevons' Paradox and The Evolution of Complex Adaptive Systems", *Economic Development, Climate Change and the Environment* (203-223). Routledge India, New Delhi.
- Gómez-Baggethun, E., De Groot, R., Lomas, P.L. and Montes, C. (2010). "The History of Ecosystem Services in Economic Theory and Practice: from Early Notions to Markets and Payment Schemes". *Ecological Economics*, 69(6), 1209-1218.
- Gowdy, J. and Erickson, J.D. (2005). "The Approach of Ecological Economics". *Cambridge Journal of Economics*, 29(2), 207-222.
- Greenwood, D.T. and Holt, R.P. (2008). "Institutional and Ecological Economics: The Role of Technology and Institutions in Economic Development". *Journal of Economic Issues*, 42(2), 445-452. doi: 10.1080/00213624.2008.11507153
- Gunderson, R. ve Yun, S.J. (2017). "South Korean Green Growth and The Jevons Paradox: An Assessment With Democratic and Degrowth Policy Recommendations". *Journal of cleaner production*, 144, 239-247.
- Hadri, K. ve Kurozumi, E. (2012). "A Simple Panel Stationarity Test in the Presence of Serial Correlation And A Common Factor." *Economics Letters*, 115(1), 31-34.
- Hovardas, T. (2016). "Two Paradoxes with One Stone: A Critical Reading of Ecological Modernization". *Ecological Economics*, 130, 1-7.
- Im, K.S., Pesaran, M.H. ve Shin, Y. (2003). "Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels. *Journal of Econometrics*", 115(1), 53-74.
- Inglesi-Lotz, R., Chang, T. ve Gupta, R. (2015). "Causality Between Research Output and Economic Growth in BRICS". *Quality & Quantity*, 49(1), 167-176.
- Jevons, W.S. (1906). "The Coal Questions, an Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines", Macmillan Press, Third Edition.

- Magdoff, F. (2002). "Capitalism's Twin Crises: Economic and Environmental", *Monthly Review*, <https://monthlyreview.org/2002/09/01/capitalisms-twin-crises/>, (Erişim Tarihi: 11.01.2022).
- Munda, G. (1997). "Environmental Economics, Ecological Economics, and The Concept of Sustainable Development". *Environmental Values*, 6(2), 213-233.
- Murshed, M. (2018). "Revisiting the Jevons Paradox of Energy Economics: Empirical Evidence from Bangladesh and India". *International Review of Business Research Papers*, 14(1), 68-93.
- O'Connor, J. (1991). "On the Two Contradictions Of Capitalism". *Capitalism Nature Socialism*, 2(3) 107-109.
- O'Connor, J. (1998). "Natural Causes: Essays in Ecological Marxism". Guilford Press, New York and London.
- Pesaran, M.H., ve Smith, R. (1995). "Estimating Long-Run Relationships from Dynamic Heterogeneous Panels". *Journal Of Econometrics*, 68(1), 79-113.
- Pesaran, M.H. (2007). "A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence." *Journal of applied econometrics*, 22(2), 265-312.
- Pesaran, M.H. ve Yamagata, T. (2008). "Testing Slope Homogeneity in Large Panels." *Journal Of Econometrics*, 142(1), 50-93.
- Polimeni, J.M. (2007). "Jevons Paradox and The Economic Implications For Europe". *International Business & Economics Research Journal (IBER)*, 6(10).
- Polimeni, J.M. (2008). "Empirical Evidence for the Jevons Paradox". Polimeni, J. M., Mayumi, K., Giampietro, M. and Alcott B. *The Jevons Paradox and the Myth of Resource Efficiency Improvements*. First published by Earthscan in the UK and USA, 141-172.
- Reese, S. ve Westerlund, J. (2016). "Panicca: Panic on Cross-Section Averages". *Journal of Applied Econometrics*, 31(6), 961-981.
- Singh, A.P. ve Narayanan, K. (2015). "Agriculture Intensification Population Growth and Cropland Expansion: Evidence From Post". Forum for Global Knowledge Sharing.
- Smith, L.V., Leybourne, S., Kim T.H. ve Newbold, P. (2004). "More Powerful Panel Data Unit Root Tests With An Application to Mean Reversion In Real Exchange Rates". *Journal of Applied Econometrics*, 19(2), 147-170.
- Stern, D. (1997). "Ecological Economics and Sustainable Development: Theory, Methods and Applications". *The Economic Journal*, 107(445), 1905-1907.
- Swamy, P.A. (1970). "Efficient Inference in A Random Coefficient Regression Model." *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 311-323.
- Şak, N. (2018). "Panel Birim Kök Testleri". *Uygulamalı Panel Veri Ekonometrisi*. Editör Güriş, S. Der Kitabevi, İstanbul, 261-309.
- Topcu, M. ve Payne, J.E. (2017). "The Financial Development–Energy Consumption Nexus Revisited", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 12(9), 822-830. doi: 10.1080/15567249.2017.1300959
- Trincado, E., Sánchez-Bayón, A. ve Vindel, J.M. (2021). "The European Union Green Deal: Clean Energy Wellbeing Opportunities and the Risk of the Jevons Paradox". *Energies*, 14(14), 4148.
- Uğur, B. (2021). "Yükselen Piyasa Ekonomilerinde İhracatın Ekonomik Büyümeye Etkisi: Panel Veri Analizi". *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 17-29.
- Van den Bergh, J.C. (2001). "Ecological Economics: Themes, Approaches, and Differences with Environmental Economics". *Regional Environmental Change*, 2(1), 13-23.
- Venkatachalam, L. (2007). "Environmental Economics and Ecological Economics: Where They Can Converge?" *Ecological Economics*, 61(2-3), 550-558.
- Westerlund, J. ve Hosseinkouchack, M. (2016). "Modified CADF and CIPS panel unit root statistics with standard chi-squared and normal limiting distributions". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 78(3), 347-364.
- Wolfe, M. (2012). "Beyond "Green Buildings": Exploring The Effects of Jevons' Paradox on The Sustainability of Archival Practices". *Arch Sci*, 12(35-50).
- Xu, H., Yang, R. ve Song, J. (2021). "Agricultural Water Use Efficiency and Rebound Effect: A Study for China". *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 7151.
- York, R. (2006). "Ecological Paradoxes: William Stanley Jevons and the Paperless Office". *Human Ecology Review*, 143-147.
- York, R. ve McGee, J.A. (2015). "Understanding the Jevons Paradox". *Environmental Sociology*, 2(1), 77-87.

EK

Tablo A1. CCEMG ülke bazlı test sonuçları

<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>Olasılık</i>
Arjantin			
TEKN	0,009	0,014	0,539
SANAY	0,027	0,026	0,294
GDP	0,000	0,000	0,191
TRD	0,008	0,018	0,663
EC	0,041	0,048	0,399
Bangladeş			
TEKN	-0,004	0,005	0,471
SANAY	-0,016	0,008	0,053
GDP	0,000	0,000	0,029
TRD	0,004	0,002	0,035
EC	-0,003	0,004	0,394
Brezilya			
TEKN	-0,005	0,013	0,685
SANAY	-0,003	0,012	0,759
GDP	0,000	0,000	0,153
TRD	0,010	0,012	0,397
EC	-0,027	0,013	0,052
Endonezya			
TEKN	0,008	0,005	0,143
SANAY	-0,002	0,004	0,599
GDP	-0,000	0,000	0,276
TRD	-0,006	0,001	0,700
EC	-0,006	0,007	0,363
Güney Afrika			
TEKN	-0,011	0,011	0,319
SANAY	0,009	0,052	0,856
GDP	0,000	0,000	0,001
TRD	0,048	0,015	0,002
EC	0,001	0,027	0,970
Hindistan			
TEKN	-0,000	0,002	0,713
SANAY	0,001	0,003	0,659
GDP	0,000	0,000	0,029
TRD	-0,000	0,001	0,486
EC	-0,001	0,003	0,609
Kolombiya			
TEKN	0,002	0,006	0,760
SANAY	-0,017	0,025	0,483
GDP	0,000	0,000	0,727
TRD	0,002	0,011	0,823
EC	-0,010	0,007	0,187
Malezya			
TEKN	0,042	0,025	0,091
SANAY	0,022	0,051	0,668
GDP	0,000	0,000	0,059
TRD	-0,004	0,008	0,615
EC	0,034	0,046	0,453
Meksika			
TEKN	-0,028	0,051	0,583
SANAY	0,069	0,133	0,605
GDP	-0,000	0,000	0,829
TRD	-0,032	0,033	0,333
EC	-0,011	0,233	0,961

Tablo A1. (Devamı)

<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>Olasılık</i>
Pakistan			
TEKN	-0,009	0,004	0,037
SANAY	0,001	0,005	0,751
GDP	-0,000	0,000	0,013
TRD	0,000	0,002	0,993
EC	-0,024	0,003	0,000
Peru			
TEKN	0,006	0,015	0,670
SANAY	0,049	0,047	0,294
GDP	0,000	0,000	0,962
TRD	-0,000	0,010	0,943
EC	-0,016	0,008	0,067
Romanya			
TEKN	0,046	0,019	0,020
SANAY	0,010	0,058	0,858
GDP	0,000	0,000	0,700
TRD	-0,011	0,012	0,456
EC	-0,032	0,032	0,307
Şili			
TEKN	-0,041	0,024	0,090
SANAY	0,079	0,032	0,014
GDP	-0,000	0,000	0,779
TRD	-0,030	0,012	0,013
EC	0,012	0,020	0,536
Tayland			
TEKN	0,025	0,016	0,125
SANAY	-0,000	0,021	0,986
GDP	0,000	0,000	0,000
TRD	0,011	0,003	0,002
EC	-0,009	0,014	0,519
Türkiye			
TEKN	-0,005	0,022	0,789
SANAY	0,025	0,032	0,447
GDP	0,000	0,000	0,898
TRD	-0,020	0,011	0,078
EC	-0,073	0,033	0,030

Not: Bağımlı Değişken: EFP

Yoğun Bakım Ünitelerinin Etkinliklerinin Değerlendirilmesi: Bir Üniversite Hastanesi Örneği*

Mustafa DEDECAN¹, Nazan TORUN²

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada yoğun bakımların etkinliklerini değerlendirmek, etkin olmayan yoğun bakım ünitelerinin etkin olabilmesi için referans alabileceği yoğun bakım ünitelerini belirlemek ve yoğun bakım üniteleri arasında etkinlik düzeyleri bakımından farklılıkları tespit etmek amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmada, Gazi Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezinde bulunan 12 yoğun bakım ünitelerinin 2018 yılına ait yıllık istatistik verileri kullanılmıştır. Yoğun bakım ünitelerinin etkinlikleri Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi ile değerlendirilmiştir. VZA analizinde girdi yönelimli BCC (Banker, Charnes ve Cooper) Modeli, CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes) Modeli ve Süper Etkinlik modelinden yararlanılmıştır.

Bulgular: CCR ve BCC VZA modeli sonuçlarının her ikisinde; anestezi ve reanimasyon, çocuk, iç hastalıkları ve yenidoğan yoğun bakım ünitesi etkin bulunmamıştır. Etkin olan yoğun bakım üniteleri arasında CCR modeli sonucuna göre süper etkin olan göğüs cerrahisi yoğun bakım ünitesi iken, BCC modeline göre ise kalp ve damar cerrahisi yoğun bakım ünitesidir. Ayrıca çalışma sonucunda yoğun bakım ünitelerinin etkinlik düzeyleri arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Özgünlük: Hem son dönemde yaşanan COVID-19 pandemisi hem de sağlık harcamaları içerisinde önemli bir paya sahip olan yoğun bakım ünitelerinin etkinliklerinin değerlendirilerek kaynakların etkin kullanılması önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Etkinlik Değerlendirme, Hastane Etkinliği, Sağlık Hizmetleri, Veri Zarflama Analizi, Yoğun Bakım Etkinliği.

JEL Kodları: I10, I18, C02, C67.

Assessment of the Efficiency of Intensive Care Units: A Case from A University Hospital

ABSTRACT

Purpose: In this study, it was aimed to evaluate the efficiency of intensive care units, to determine the intensive care units that inefficient intensive care units can take as a reference to be effective, and to determine the differences between intensive care units in terms of efficiency levels.

Methodology: In the study, annual statistical data of 2018 of 12 intensive care units in Gazi University Health Research and Application Center were used. The efficiency of intensive care units was evaluated by Data Envelopment Analysis (DEA) method. BCC (Banker, Charnes and Cooper), CCR (Charnes, Cooper and Rhodes) and Super efficiency models have been used to assess the efficiency of intensive care.

Findings: Anesthesia and Reanimation, Child, Internal Medicine and Neonatal Intensive Care Unit have not been found efficient in both CCR and BCC DEA results. Although according to the CCR DEA result, the Chest Surgery Intensive Care Unit was the super-efficient unit among the efficient intensive care units, Intensive Care Unit for Cardiovascular Surgery comes out to be the super-efficient unit according to the BCC DEA. Also, the analysis reported variations between the intensive care units' efficiency levels.

Originality: It is important to use resources efficiently by evaluating the effectiveness of intensive care unit, which have a significant share in both the recent COVID-19 pandemic and health expenditures.

Keywords: Efficiency Evaluation, Hospital Activity, Healthcare Services, Data Envelopment Analysis, Intensive Care Activity.

JEL Codes: I10, I18, C02, C67.

* Bu çalışma, Mustafa DEDECAN tarafından Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nde Doç. Dr. Nazan TORUN danışmanlığında yürütülen "Yoğun Bakım Ünitelerinin Etkinliklerinin Değerlendirilmesi: Bir Üniversite Hastanesi Örneği" başlıklı Yüksek Lisans Tezi'nden türetilmiştir.

¹ Hemşire, Gazi Üniversitesi Hastanesi, Ankara, Türkiye, mustafa_dedecan27@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-5527-3282.

² Doç.Dr. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, Ankara, Türkiye, ntorun@ybu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1793-3248 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

EXTENDED ABSTRACT

Intensive care units (ICU) are considered an expensive specialty. The ICU is one of the most costly areas of hospital care. Unfortunately, the cost of ICU is difficult to cover due to the diversity of the case mix. Due to the increasing demand for critical care services in developed countries with a growing elderly population and the associated rising costs, more attention has been paid to effective resource management and improvement of quality of care in the ICU.

The significant increase in health expenditures causes an important health policy problem in the world. One of the most important factors affecting this increase is hospital costs. ICU costs have a significant share in hospital costs and this share corresponds to one third of all hospital costs on average. It is vital to use resources effectively and efficiently in order to provide the highest quality care at the lowest possible cost in the ICU, which has such high costs. In addition, the need for ICUs has become more evident in the Covid-19 pandemic, which has left all health systems in a difficult situation today. It is important to see that maximum outputs can be obtained against minimum inputs in ICUs, to determine the ICUs with the highest level of efficiency, to determine the sub-causes of ICUs that are far from these ICUs to be taken as reference, to produce solutions according to the results, and to ensure that decision-making units use them. The main purpose of this study is to examine the efficiency levels of ICUs, to determine which variables should be improved in order for inefficient ICUs to become efficient, and to determine the differences between ICUs in terms of efficiency levels.

In the study, annual statistical data of 2018 of 12 intensive care units in Gazi University Health Research and Application Center were used. The efficiency of intensive care units was evaluated by Data Envelopment Analysis (DEA) method. BCC (Banker, Charnes and Cooper), CCR (Charnes, Cooper and Rhodes and Super efficiency models have been used to assess the efficiency of intensive care.

In both models, Brain and Neurosurgery, Thoracic Surgery, Internal Medicine, Hematology, Coronary, Cardiovascular Surgery ICUs were found to be relatively efficient. Anesthesia and Reanimation, Pediatrics, Internal Medicine and Neonatal ICUs were found to be relatively inefficient in both models. Relatively inefficient ICUs are found to have a higher number of doctors, nurses, beds and medical equipment compared to other ICUs. In this study, it was found that the inefficient ICUs generally decreased in efficiency due to the high number of doctors, nurses, beds and medical devices, but this situation varied among ICUs. According to the BCC model, the ICUs that should reduce the number of doctors are Anesthesia and Reanimation and Neonatal, the ICUs that should reduce the number of nurses are Anesthesia and Reanimation, Pediatrics, Internal Diseases and Neonatal, and the ICUs that should reduce the number of beds are Anesthesia and Reanimation and Internal Diseases ICU. According to the CRR model, the ICUs that should reduce the number of physicians are Chest Diseases and Neurology; the ICUs that should reduce the number of nurses and beds are Anesthesia and Reanimation, Internal Medicine, General Surgery and Neonatal; and the ICUs that should reduce the number of medical devices are Pediatrics, General Surgery, Chest Diseases and Neurology ICU. Among the ICUs that are efficient, the most efficient of the 6 ICUs according to CCR DEA results is Thoracic Surgery ICU, and the most efficient of the 8 ICUs according to BCC DEA results is Cardiovascular Surgery ICU.

As a result of the study, the percentage of relatively inefficient ICUs was found to be at a significant level. It is thought that the presence of patients requiring long-term care in ICUs prevents ICUs from using their resources relatively effectively. Hospital management should evaluate ICU performances at regular intervals, determine an efficient ICU that can be taken as a reference for inefficient ICUs, and make improvements to increase and sustain their efficiency. In future studies, it is thought that more comprehensive and different results will be found by comparing the efficiency measurements of ICUs not only with the ICUs in a hospital, but also with the ICUs of hospitals with different status.

1. GİRİŞ

Sağlık reformlarının esas amacı; kit olan sağlık kaynaklarını etkili bir şekilde kullanarak sağlık harcamalarını azaltmaktır. Sağlık alanındaki kaynakların kısıtlı olmasından dolayı, hastanelerin sahip oldukları kaynakları daha etkin kullanılması için yapılan çalışmaların önemi giderek artmaktadır (Hollingsworth ve diğerleri, 1999).

Rekabet koşullarının artarak devam etmekte olduğu günümüz koşullarında yoğun emek ve teknoloji kullanımı gerektiren sağlık işletmelerinin etkinliklerini artırmaları için minimum düzeyde girdi kullanarak maksimum çıktıyı elde etmeleri zorunlu bir hâl almıştır. Bu sebeple hastanelerin etkinlik düzeylerini saptamaları, etkin olmamaları durumunda ise daha etkin konuma gelebilmek için çeşitli stratejiler üretip ve uygun olan stratejiye karar verip bunu uygulamaları gerekmektedir (Torun, 2020:194). Ayrıca sağlık harcamalarındaki artışın önemli seviyelerde olması dünyada önemli bir sağlık politikası sorununa sebep olmaktadır. Bu artışa etki eden önemli etmenlerin başında hastane maliyetleri bulunmaktadır. Hastane maliyetleri 2020 yılında OECD ülkelerinin toplam sağlık harcamaları içerisindeki payı ortalama %54,7 olduğu belirtilirken (OECD, 2020), Türkiye’de ise hastane maliyetleri 2018 yılında cari sağlık harcamalarının yaklaşık %52’sini oluşturmuştur (TÜİK 2020). Yoğun bakım üniteleri (YBÜ) pahalı bir uzmanlık alanı olarak kabul edilir. YBÜ, hastane bakımının en maliyetli alanlarından biridir. Ne yazık ki, vaka karışımının çeşitliliği nedeniyle YBÜ’nün maliyetini karşılamak zordur (Edbrooke ve diğerleri 1999). Hastane maliyetlerinin içerisinde YBÜ maliyetleri önemli bir paya sahiptir ve bu pay tüm hastane maliyetlerinin ortalama olarak üçte birine denk gelmektedir (Talmor ve diğerleri, 2006). Bu kadar büyük maliyetlere sahip olan YBÜ’de mümkün olan en düşük maliyet ile en yüksek kaliteli bakımın sağlanabilmesi için kaynakların etkili ve verimli bir şekilde kullanılması hayati öneme sahiptir (Chang ve diğerleri 2005). Aynı zamanda yaşlı nüfusun artış gösterdiği gelişmiş ülkelerde kritik bakım hizmetlerine artan talep ve buna bağlı olarak artan maliyetlerden dolayı, YBÜ’de etkili kaynak yönetimi ve bakım kalitesinin iyileştirilmesine daha fazla önem verilmeye başlanmıştır (Zilberberg ve Shorr 2008). Ayrıca günümüzde tüm sağlık sistemlerini zor durumda bırakan Covid-19 salgınında YBÜ’lere olan ihtiyaç daha belirgin hale gelmiştir. Bu durumda YBÜ’lerin kaynaklarını etkin kullanılması önemli hale gelmektedir. Bu doğrultuda YBÜ maliyetlerini kontrol ederek hastane maliyetlerini kontrol altında tutabilmek özellikli bir konu olarak görülmektedir.

Sağlık harcamalarının kontrolsüz bir şekilde artmasına neden olan iki temel faktör; demografik değişim ve teknolojik ilerlemedir. Ancak her iki faktörün de politika yapımcılarının kontrol etmesi zordur. Politika yapımcıların kontrol etmesi mümkün olan üçüncü bir faktör olarak yüksek maliyetlere neden olan sağlık hizmeti sunumundaki verimsizlikler eklenebilir (Mitropoulos ve diğerleri, 2013). Bu nedenle, hastane yöneticilerinin ve politika belirleyicilerin esas hedeflerinin başında, sağlık hizmetleri içerisinde yer alan hastanelerin hizmet sunumlarında etkinliklerini ve verimliliklerini arttırmak gelmektedir (Torun, 2020:193). Bu doğrultuda hastaneler içerisinde büyük bir yeri olan YBÜ’lerin etkin kullanılması yöneticiler için önemli hale gelmektedir.

YBÜ’lerde minimum girdilere karşılık maksimum çıktılarını elde edilebilirliğini görmek, etkinliği en üst düzeyde olan YBÜ’leri belirlemek, referans olarak alınacak bu YBÜ’lere etkinlik olarak uzak olan YBÜ’lerin alt sebeplerini saptamak, ortaya çıkan sonuçlara göre çözüm önerileri üretmek ve bunları karar verici birimlerin kullanmasını sağlamak önemlidir. Çalışma konusuyla ilgili literatür incelendiğinde, konuya ilişkin ulusal çalışmaya rastlanmamakla beraber, uluslararası yapılan çalışmaların bazılarında her ne kadar direkt olarak YBÜ’lerin etkinlikleri değerlendirilmese de hastanelerin etkinliklerinin değerlendirildiği çalışmalarda değişken olarak YBÜ’lere ait değişkenlerin kullanıldığı görülmüştür (Torun, 2020:94-97). Bu açıdan bu çalışma hem bilimsel hem de mevcut sağlık hizmetlerinin yönetimi bakımından literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır. Bu çalışmanın temel amacı, YBÜ’lerin etkinlik düzeylerini incelemek, etkin olmayan YBÜ’lerin etkin olabilmesi için hangi değişkenlerini iyileştirmesi gerektiğini belirlemek ve YBÜ’ler arasında etkinlik düzeyleri bakımından farklılıkları belirlemektir.

Bu doğrultuda gerçekleştirilen çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde bu konudaki problem, amaç ve kapsam ortaya konulmuş, ikinci bölümde ise bu alanda yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmanın yöntemi, karar verme birimlerin, değişkenlerin seçimi ve analize ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Dördüncü bölümde YBÜ’lerin etkinlik analizine ait bulgulara yer verilirken, son bölümde elde edilen bulgular yorumlanarak çeşitli öneriler geliştirilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Rekabet koşullarında sağlık sektörü içerisinde mevcut olan minimum kaynakları optimal seviyede kullanabilmek ve bunun yanında maksimum çıktıya ulaşabilmek oldukça önemlidir. Sağlık sektöründe etkinlik ölçümlerinin yapılması; hastalar, sağlık hizmet sunucuları ve geri ödeme kurumları gibi çeşitli düzeyde kişi ve kuruluşa etkide bulunmasından kaynaklı fazlasıyla önem arz etmektedir (Smith ve diğerleri, 2009,15). Sağlık sektöründeki kısıtlı olan bu kaynakların, verimlilik ve etkinliklerinin ölçümüne yönelik

yapılan çalışmalar her geçen gün önemli hale gelmektedir. Aşağıda ulusal ve uluslararası literatürde VZA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalardan örnekler sunulmuştur.

Bahrani ve diğerleri (2018) YBÜ etkinliklerini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada girdi değişkeni olarak, hekim, hemşire, aktif yatak ve ekipman sayısını, çıktı değişkeni olarak ise yatak doluluk oranı, taburcu edilen hasta sayısı, yatak ve hekim ücretlerini kullanmışlardır. Çalışmada doktor, hemşire ve yatak sayılarında azaltmaya gidilmesi sonucuna ulaşmışlardır.

Ferreira ve Marques (2018) YBÜ etkinliklerini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada ise girdi değişkeni olarak satılan ve tüketilen malların maliyetleri, sarf malzemeleri ve dış hizmetler, personel maliyetleri, sermaye maliyetleri, hastane günlerini, çıktı değişkeni olarak ise, taburcu olan hasta sayısını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda YBÜ uzmanlığı ve karmaşıklığı, hastaneler arasındaki farklılaşma dereceleri ve popülasyonun etkinliğe etkide bulunacak birçok önemli ölçüt ortaya konulmuştur. Hem personel ile ilgili maliyetler hem de YBÜ'de ortalama kalış süreleri YBÜ'nün etkinliklerini azaltan en önemli kaynaklar olarak tespit edilmiştir.

Lu ve diğerleri (2020) hastanelerin etkinliklerini değerlendirmek için yaptıkları çalışmalarında irdi hemşire, doktor ve yatak sayısını girdi değişkenleri olarak, taburcu edilen hasta sayısı ve hastanede ortalama kalış sürelerini ise çıktı değişkenleri olarak kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, etkin olmayan hastanelerin, etkin olabilmeleri için çeşitli oranlarda doktor sayısının ve hemşire sayısının azaltılması gerektiği belirtilmiştir.

Pirani ve diğerleri (2018) hastanelerin etkinliklerini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında girdi değişkenleri olarak hastaneye kabul sayısı, hemşire sayısı ve yatak sayısını, çıktı değişkenleri olarak ise ortalama kalış süresi ve yatak devir hızını kullanmışlardır. Çalışma sonunda etkin olmadığı belirlenen hastanelerin yatak sayılarındaki fazlalığa bağlı olduğu belirtilmiştir.

Leleu ve diğerleri (2018) hastanelerin etkinliklerini değerlendirmek için girdi değişkenleri olarak uzman hekim, hemşire ve yatak sayısı, yatış gün sayısını, çıktı değişkenleri olarak ise ameliyat sayısı, ayaktan tedavi sayısı ve tekrar kabul oranını kullanmışlardır. Çalışmada etkin bulunmayan hastanelerin kamu hastaneleri olduğu belirtilirken, buna sebep olarak da uzman hekim sayılarındaki fazlalığın olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmada özel hastanelerin etkin bulunmalarındaki sebebin ise, bu hastanelerde etkinlik ölçümlerinin güncel şekilde yapıldığına ve kaliteye öncelik vermelerine bağlı olabileceği düşünülmüştür.

Mitropoulos ve diğerleri (2018) çalışmalarında girdi değişkeni olarak yatak, doktor ve diğer personel sayısını, çıktı değişkeni olarak ise yatan hasta sayısı, taburcu hasta sayısını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda reformların hastanelerin etkinliklerine olumlu ölçüde katkı sağladığı görülürken, etkin olmayan az sayıdaki hastanenin ise girdi kaynaklarındaki fazlalık olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Mousa ve Aldehayyat (2018) çalışmalarında girdi değişkeni olarak doktor, hemşire, eczacı sayısı ve yatak sayısını, çıktı değişkeni olarak ayaktan tedavi sayısı, yatarak tedavi gören hasta sayısı ve cerrahi operasyon sayısını kullanmışlardır. Seçilen bölgelerdeki hastanelerin etkinlikleri arasında farklılıkların olduğu belirtilmiştir. Buna sebep olarak da bölgeler arasında girdi kaynaklarının dağılımındaki orantısızlığın olması gösterilmiştir.

Johannessen ve diğerleri (2017) çalışmalarında doktor, hemşire ve sekreter sayısını girdi değişkeni olarak yatarak ve ayaktan tedavi edilen hasta sayısını ise çıktı değişkeni olarak kullanmışlardır. Çalışmada sağlık reformlarıyla hastanelerdeki doktor sayılarının artmasına rağmen, çıktı oranlarında artışın olmaması hastanelerin etkin olmamasının sebebi olarak gösterilmiştir.

Durur ve diğerleri (2022) sağlık hizmet bölgelerinin etkinliklerini değerlendirmek amacıyla yapmış oldukları çalışmalarında girdi değişkeni olarak yatak, pratisyen hekim, uzman hekim ve hemşire/ebe sayısını, çıktı değişkeni olarak ise başvuru sayısı, yatan hasta sayısı, ağırlıklı ameliyat sayısı ve doğum sayısını kullanmışlardır. Çalışmada CCR modeli sonuçlarına göre 30 SHB içerisinde 12 tanesi etkin, 18 SHB etkin olmadığı tespit edilmiştir. BCC modeli sonuçlarına göre ise etkin SHB sayısı 21 iken 9 SHB etkin olmadığı belirlenmiştir.

Esen ve Yiğit (2022) yapmış oldukları çalışmalarında yatak, hekim ve hemşire sayısını girdi değişkeni olarak, toplam muayene, yatan hasta sayısı, ağırlıklı ameliyat sayısı, yatak doluluk oranı, yatak devir hızı, ortalama kalış gününü ise çıktı değişkeni olarak kullanmışlardır. Çalışmada hastanelerin %12,8'inin teknik düzeyde verimli olduğu tespit edilmiştir.

Çilhoroz (2021) yapmış olduğu çalışmasında girdi değişkeni olarak yatak sayısı, müracaat sayısı, hekim sayısı, çıktı değişkeni olarak ise ameliyat sayısını kullanmıştır. VZA sonucunda Batı Anadolu, İstanbul, Akdeniz, Ortadoğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri tüm yıllarda etkin bulunmuştur. Tobit

regresyon analizi sonucunda ise, ameliyat sayısındaki artışların etkinliği artırdığı, yatak sayısı, hekime müracaat sayısı ve hekim sayısı değişkenlerindeki artışların etkisizliği artırdığı bulunmuştur.

Yazıcı ve Çiçen (2021) yapmış oldukları çalışmalarında girdi değişkeni olarak yatak, uzman hekim, pratisyen hekim, hemşire ve ebe sayısını, çıktı değişkeni olarak ise poliklinik oda sayısı, yatan hasta sayısı, A, B ve C grubu ameliyat ve girişim sayısını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda 124 adet hastaneden 72 hastanenin etkin olduğu ancak 52 hastanenin ise etkin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışkan (2020) yapmış olduğu çalışmasında yatak, toplam uzman hekim, pratisyen hekim, hemşire ve ebe sayısını girdi değişkeni, ayakta muayene, acil muayene, yatan hasta ve toplam ameliyat sayısı, yatak doluluk oranını ise çıktı değişkeni olarak kullanmıştır. Yapılan analiz sonucunda 29 adet (%33) kamu hastane birliğinin verimli, 59 adet (%67) kamu hastane birliğinin verimsiz olarak hizmet sunduğu tespit edilmiştir.

Sağlık hizmetlerinin etkinliklerinin VZA yöntemiyle ölçülmesinde ulusal ve uluslararası çalışmalar incelendiğinde; sağlık kuruluşlarının, sağlıkta yapılan reformların, sağlık sistemlerinin etkinliğini değerlendiren farklı boyutlarda birçok çalışmaya rastlanılmaktadır. Türkiye’de VZA yöntemiyle sağlık hizmetlerinin etkinlik ölçümlerinde birçok çalışma bulunmasına rağmen (Torun 2020:93), YBÜ’lerin etkinlik ölçümüne yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

3. YÖNTEM

Çalışmada, YBÜ’lerin etkinliklerini değerlendirmek için çoklu girdi ve çıktı kullanarak benzer karar verme birimlerin (KVB) etkinliklerini ölçmeye yarayan, doğrusal programlama tabanlı yöntem olan Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılmıştır.

3.1. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Yapısı ve Model Seçimi

VZA benzer türde kaynaklarla üretim yapmaya çalışan, çoklu girdilerin ve çıktıların kullanımına fırsat tanıyan, KVB’lerin göreceli etkinlik değerlerini ölçen parametrik olmayan bir analiz tekniğidir (Li ve diğerleri, 2008). VZA metodunun araştırmacılara sunduğu en büyük avantajların başında KVB arasında en iyi teknolojiyi kullanmalarını ve etkinlik olarak en etkin birimlerin düzeylerinin tespitine olanak sağlaması gelmektedir. Diğer bir önemli avantajı da etkin olmayan birimlerin etkin olabilmeleri için ulaşmaları gerekli hedefleri belirtmesidir (Seiford, 1996). Ayrıca, VZA etkin hedeflere ulaşmak için gerekli stratejik noktaların belirlenmesi ve kaynakların etkin kullanılmasında izlenmesi gereken yolu seçmede etkili önemli bir modeldir. Bununla beraber VZA benzer niteliklere sahip KVB’nin göreceli etkinliklerini değerlendirmek için uygun olmasının yanında, son dönemlerde çok farklı kriterlerin mevcut olduğu durumlarda da kullanılmaktadır (Yang ve diğerleri, 2012). VZA’nın sağlık hizmetlerinde kullanılmasının en önemli sebebi çoklu girdi ve çıktıların kullanımına imkân vermesi ve basitliğidir (Hollingsworth ve diğerleri, 1999). Bu nedenle çalışmanın analizinde VZA yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

VZA’da etkinlik puanı genellikle “0” ile “1” değerleri arasında bir etkinlik seviyesine denk gelmektedir (Avkırın ve Rowlands, 2008). Etkinlik değeri 1 olarak ortaya çıkan birimler etkin olarak kabul edilir, aynı zamanda bu birimler etkinlik sınırının belirlenmesinde referans kabul edilirler. Etkinlik değeri 1’in altında bulunan KVB ise göreceli olarak etkin kabul edilmez ve elde edilen etkinlik seviyeleri, etkinlik seviyeleriyle aralarında bulunan uzaklığın ifade edilmesini sağlamaktadır (Avkırın, 1999).

Girdi yönelimli yapılan çalışmalar, çıktı değişkenlerinin seviyelerini sabit tutarken, girdilerde yer alan değişkenler arasında oransal olarak hangi seviyelerde azaltmalar yapılacağını araştırır. Çıktı yönelimli yapılan çalışmalarda ise, girdi değişkenlerinin seviyelerini sabit tutarak, çıktılarda yer alan değişkenlerin oransal anlamda ne kadar arttırılacağına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Kutlar and Babacan, 2008).

Sağlık hizmetlerinin kendine özgü yapılarından kaynaklı, sağlık yöneticileri çıktılarına oranla girdiler üzerinde daha çok kontrol edebilme becerisine sahiptirler. Bu duruma bağlı olarak araştırmacılar daha çok girdi yönelimli modeller üzerinde durmaktadırlar (Bahurmoz, 1999). Sağlık hizmetlerinin kendisine özgü bu yapısından kaynaklı, bu çalışmada girdi yönelimli CCR ve BCC VZA modeli ile süper etkinlik modeli kullanılmıştır.

Girdi yönelimli CCR VZA’nın matematiksel modeli Eşitlik 1-4’te, girdi yönelimli BCC VZA’nın matematiksel modeli ise Eşitlik 5-9’da verilmiştir.

Girdi yönelimli CCR VZA modeli

$$E_k = \min \theta - \varepsilon (\sum_{i=1}^m S_i^-) - \varepsilon (\sum_{r=1}^p S_i^+) \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- - \theta X_{ik} = 0 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{rj} \lambda_j + s_r^+ - Y_{rk} = 0 \quad (3)$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad i = 1, 2, \dots, m \quad r = 1, 2, \dots, p \quad (4)$$

Girdi yönelimli BCC VZA modeli

$$E_k = \min \theta - \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^-) - \varepsilon (\sum_{r=1}^p s_r^+) \quad (5)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- - \theta X_{ik} = 0 \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{rj} \lambda_j + s_r^+ - Y_{rk} = 0 \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (8)$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad i = 1, 2, \dots, m \quad r = 1, 2, \dots, p \quad (9)$$

Girdi yönelimli CCR Süper Etkinlik Modeli'nin matematiksel modeli Eşitlik 10-13'te, girdi yönelimli BCC Süper Etkinlik Modeli'nin matematiksel modeli ise Eşitlik 14-18'de verilmiştir.

Girdi yönelimli CCR Süper Etkinlik Modeli

$$\text{Min } \theta_0 \quad (10)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta_0 x_{i0} \quad , \quad i = 1, \dots, m \quad (11)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq j_0}}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0} \quad , \quad r = 1, \dots, s \quad (12)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad , \quad j = 1, \dots, n \quad (13)$$

Girdi yönelimli BCC Süper Etkinlik Modeli

$$\text{Min } \theta_0 \quad (14)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta_0 x_{i0} \quad , \quad i = 1, \dots, m \quad (15)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq j_0}}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0} \quad , \quad r = 1, \dots, s \quad (16)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq j_0}}^n \lambda_j = 1 \quad (17)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad , \quad j = 1, \dots, n \quad (18)$$

Girdi yönelimli CCR ve BCC modellerinde E_k , karar biriminin etkinliğini; X_{ij} , j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdiyi; X_{ik} , k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdiyi; Y_{rj} , j . karar birimi tarafından kullanılan r . çıktığı; Y_{rk} , k . karar birimi tarafından kullanılan r . çıktığı; ε , sıfırdan büyük ve herhangi bir pozitif reel sayıdan daha küçük sayı; n , karar birimi sayısını; p , çıktı sayısını; m , girdi sayısını; θ , etkinlik skorunu; s_i^- , girdilerdeki fazlalığı; s_r^+ , çıktılardaki eksikliği; λ_j , j . karar biriminin aldığı yoğunluk değerini ifade etmektedir. Karar birimleri etkin ise, $\theta = 1$, $s_i^- = s_r^+ = 0$, $\lambda_j = 1$ ve $E_k = 1$ olacaktır (Uygurtürk ve Yıldız, 2021).

3.2. Karar Verme Birimlerin Seçilmesi

Etkinlikleri ölçülmek istenen ve buna ek olarak ortak girdileri ve çıktıları olması gereken organizasyonlar, şirketler ve örgütsel birimlerin her birine karar verme birimi (KVB) denir (Canseli ve diğerleri, 2016). Aynı girdileri kullanarak benzer çıktılar üreten organizasyonlar KVB olarak ifade edilmektedir (Banker ve diğerleri, 1984).

VZA, karşılaştırmalı etkinlikle ölçülecek KVB'yi içermektedir (Akgöbek ve diğerleri, 2015). KVB'lerin seçiminde iki önemli nokta yer almaktadır. Bunlardan birincisi, elde edilecek sonuçların anlamlı olabilmesi için seçilecek olan KVB'lerin girdi ve çıktıları yönünden homojenlik gösterebilmelidir. İkinci önemli nokta ise; VZA yönteminin amacına uygun sayıda KVB'lerin olmasıdır (Banker ve diğerleri, 1986; Bendheim ve diğerleri, 1998; Bowlin 1998).

Bu doğrultuda çalışmanın KVB olarak, Gazi Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde

bulunan 12 adet YBÜ belirlenmiştir; Anestezi ve Reanimasyon YBÜ, Beyin ve Sinir Cerrahisi YBÜ, Çocuk YBÜ, Genel Cerrahi YBÜ, Göğüs Cerrahisi YBÜ, Göğüs Hastalıkları YBÜ, İç Hastalıkları YBÜ, İç Hastalıkları Hematoloji YBÜ, Koroner YBÜ, Kalp ve Damar Cerrahisi YBÜ, Nöroloji YBÜ ve Yenidoğan YBÜ.

3.3. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

VZA yöntemiyle yapılan herhangi bir çalışmadaki ana zorluk, girdi ve çıktıların seçimidir. Etkinlik ölçümü yapılırken bir KVB'nin üretim sonucunda oluşan çıktıların üretimde kullanılan girdilere oranına bakıldığı için, KVB sisteminde yer alan girdi ve çıktılar belirlenmesi gerekmektedir. KVB'lerin performansı üzerinde etkisi bulunan bütün girdiler ve çıktılar belirlendikten sonra, nitel ve nicel taramalar sonunda en önemli girdi ve çıktılar seçilerek analize uygun bir seviyeye düşürülür (Torun, 2020: 79). Çalışmada, literatür incelenerek KVB'lerin etkinliklerini en uygun şekilde yansıtabilecek girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Değişkenlerin seçimi

<i>Girdi Değişkeni</i>	<i>Referanslar</i>	<i>Çıktı Değişkeni</i>	<i>Referanslar</i>
Doktor ve hemşire sayısı	Durur ve diğerleri (2022), Yazıcı ve Çiçen (2021), Çalışkan (2020)	Yatan hasta sayısı	Vedat ve Bilge (2013), Sinem ve diğerleri (2019), Grosskopf ve Valdmanis (1987), Langabeer ve Ozcan (2009)
Yatak sayısı	Durur ve diğerleri (2022), Yazıcı ve Çiçen (2021), Çalışkan (2020)	Taburcu olan hasta sayısı	Lu ve diğerleri (2020), Mitropoulos ve diğerleri (2018)
Tıbbi cihaz sayısı	Bahrami ve diğerleri (2018)	Vefat eden hasta sayısı	Temür ve Bakırcı (2008)
		Yatak doluluk oranı	Esen ve Yiğit (2021), Çalışkan (2020)
		Yatak devir hızı	Esen ve Yiğit (2021), Pirani ve diğerleri (2018)

Hastanelerin üretim gücü, hastalara sundukları sağlık hizmetiyle ortaya çıkmaktadır. Hastanelerin daha iyi sağlık hizmeti sunabilmeleri için gerekli olan girdiler içerisinde, sağlık insan gücü, tıbbi malzeme, tıbbi teknoloji ve yatak sayısı yer almaktadır (Özgülbaş 2005). VZA yöntemi ile yapılan çalışmalarda KVB'yi temsil edebilecek uygun girdi ve çıktı değişkenlerinin kullanılması, elde edilen sonuçların güvenilirliği açısından oldukça önemlidir (Asandului ve diğerleri, 2014). Sağlık hizmeti sunan kurumlarda, çıktılarının planlanması ve kontrol edilebilirliği sağlığın kendine özgü yapısından kaynaklı daha zor olduğundan, girdiler üzerinde yapılacak kontrol ve planlamanın uygulanabilir olması daha olanaklıdır (Langabeer ve Ozcan 2009).

Çalışmayı anlamlı kılabilmek için, toplam girdi ve çıktı sayısını belirli sınırlarda tutmak önemlidir. Analiz için seçilen girdi sayısını n , çıktı sayısını ise c olarak kabul edersek; $n + c + 1$ tane KVB'nin analize alınması çalışmayı güvenilir kılmaktadır (Bousofiane ve diğerleri, 1991). Bu doğrultuda çalışmada 4 adet girdi, 5 adet çıktı değişkeni belirlenmiştir. Çalışmada, 12 olarak belirlenen KVB sayısı, değişken sayılarının toplamının bir fazlasından ($4+5+1=10$) büyük olma şartı sağlanmaktadır. Bu çalışmada girdi ve çıktı değişken grupları arasındaki istatistiksel ilişki korelasyon katsayıları hesaplanarak incelenmiştir (Tablo 3). Çalışmada kullanılan değişkenlerin YBÜ'ler arasındaki etkinlik farklarının daha iyi tespit edilebilmesi için yüksek korelasyon bulunan değişkenler kapsam dışında bırakılmamış olup belirlenen tüm değişkenler analize dahil edilmiştir. Çalışmada girdi değişkenleri olarak doktor, hemşire, yatak ve tıbbi cihaz sayısı (ventilator cihazı, besleme pompası, EKG cihazı ve monitör) belirlenirken çıktı değişkenleri olarak ise yatan hasta, taburcu olan hasta ve vefat hasta sayısı ile yatak doluluk oranı, yatak devir hızı olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın çıktı değişkenleri arasında yer alan vefat hasta sayısı istenmeyen bir çıktı olduğu için, analiz edilirken vefat hasta sayısı, $1/\text{vefat eden hasta sayısı}$ şeklinde alınmıştır. Çalışmada çıktı değişkeni olarak kullanılan taburcu hasta sayısı ise yoğun bakımdan başka servise sevk edilen ve direkt olarak sağlıklı bir şekilde hastaneden taburcu edilen hastaları kapsamaktadır.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan değişkenlerin korelasyon sonuçları

		Doktor Sayısı	Hemşire Sayısı	Yatak Sayısı	Tıbbi Cihaz Sayısı	Yatan Hasta Sayısı	Taburcu Olan Hasta Sayısı	Ölen Hasta Sayısı	Yatak Doluluk Oranı	Yatak Devir Hızı
Doktor Sayısı	r	1	0,835	0,802	0,838	0,318	0,295	0,153	0,453	-0,442
	p		0,001*	0,002*	0,001*	0,314	0,352	0,634	0,140	0,150
Hemşire Sayısı	r	0,835	1	0,904	0,922	0,487	0,449	0,260	0,358	-0,274
	p	0,001		0,000*	0,000*	0,108	0,143	0,415	0,253	0,390
Yatak Sayısı	r	0,802	0,904	1	0,908	0,528	0,509	0,085	0,232	-0,292
	p	0,002	0,000		0,000*	0,078	0,091	0,794	0,467	0,357
Tıbbi Cihaz Sayısı	r	0,838	0,922	0,908	1	0,510	0,481	0,179	0,518	-0,296
	p	0,001	0,000	0,000		0,090	0,113	0,577	0,085	0,350
Yatan Hasta Sayısı	r	0,318	0,487	0,528	0,510	1	0,994	-0,101	-0,306	0,254
	p	0,314	0,108	0,078	0,090		0,000*	0,755	0,334	0,426
Taburcu Hasta Sayısı	r	0,295	0,449	0,509	0,481	0,994	1	-0,212	-0,338	0,288
	p	0,352	0,143	0,091	0,113	0,000		0,509	0,282	0,365
Ölen Hasta Sayısı	r	0,153	0,260	0,085	0,179	-0,101	-0,212	1	0,338	-0,339
	p	0,634	0,415	0,794	0,577	0,755	0,509		0,283	0,281
Yatak Doluluk Oranı	r	0,453	0,358	0,232	0,518	-0,306	-0,338	0,338	1	-0,348
	p	0,140	0,253	0,467	0,085	0,334	0,282	0,283		0,267
Yatak Devir Hızı	r	-0,442	-0,274	-0,292	-0,296	0,254	0,288	-0,339	-0,348	1
	p	0,150	0,390	0,357	0,350	0,426	0,365	0,281	0,267	

3.4. Verilerin Analizi

CCR ve BCC girdi yönelimli etkinlik ve süper etkinlik modelinin uygulanması ve etkinlik skorlarına ilişkin analizler *Efficiency Measurement System (EMS) 1.3.0* paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. EMS etkinlik ölçüm programı, Microsoft Excel'de hazırlanan veri dosyaları ile çalışan bir programdır. EMS programının çıktılarında iyileştirme yapılması gereken birimlere yönelik bilgiler yer almaktadır.

3.5. Çalışmanın Sınırlılıkları

Çalışma, YBÜ etkinliklerinin değerlendirilmesi açısından sadece Gazi Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi ile sınırlandırılmıştır. Bu nedenle Türkiye'de bulunan YBÜ'ler için genellenemez. Çalışmada sadece Covid 19 salgınından önceki yıla (2018) ait veriler temin edilebilmiştir. Bu nedenle çalışmada bir yılın kullanılması YBÜ'lerin etkinliklerini önceki dönemlere göre kıyaslamamıza imkân vermemektedir. YBÜ'lerin hasta profilleri/ağırlıkları arasında farklılığın olması YBÜ'lerin etkinlikleri üzerinde etkisi olabilir. Çalışmada her ne kadar farklı tip YBÜ'lerin etkinlikleri ölçümü yapılsa da bu YBÜ'lerin aynı kurum içinde aynı üst yönetim tarafından yönetildikleri unutulmamalıdır. Ayrıca çalışmada YBÜ etkinliği değerlendirmek için, YBÜ'lerin gelir ve giderleri de istenilmiş olup hastane yönetimi tarafından verilmemiştir. Bu nedenle YBÜ etkinliklerinin değerlendirilmesi sadece finansal olmayan verileri üzerinden yapılmıştır.

4. BULGULAR

YBÜ'lerin girdi değişkenleri incelendiğinde en az doktor sayısı ($n = 6$) İç Hastalıkları Hematoloji YBÜ'de iken, en fazla doktor sayısının ($n = 16$) Yenidoğan YBÜ'de olduğu görülmüştür. En az hemşire sayısı ($n = 6$) Göğüs Cerrahisi YBÜ'de iken, en fazla hemşire sayısının ($n = 26$) Yenidoğan YBÜ'de olduğu belirlenmiştir. En az yatak sayısı ($n = 2$) ve tıbbi cihaz sayısı ($n = 15$) Göğüs Cerrahisi YBÜ'de iken, en fazla yatak sayısı ($n = 22$) ve en fazla tıbbi cihaz sayısının ($n = 63$) Yenidoğan YBÜ'de olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

YBÜ'lerin çıktı değişkenlerini incelediğimizde ise en az yatan hasta sayısının ($n = 125$) ve en az taburcu hasta sayısı ($n = 76$) İç Hastalıkları Hematoloji YBÜ iken, en fazla yatan hasta sayısının ($n = 1337$), en fazla taburcu hasta sayısının ($n = 1300$) Koroner YBÜ olduğu belirlenmiştir. En az vefat eden hasta sayısı ($n = 0,166$) Göğüs Cerrahisi YBÜ'de iken, en fazla vefat eden hasta sayısının ($n = 0,006$) İç Hastalıkları YBÜ'de olduğu görülmüştür. En düşük yatak doluluk oranı (%51,7) Koroner YBÜ'de iken, en yüksek yatak doluluk oranı (%101,6) Kalp ve Damar Cerrahisi YBÜ'de olduğu belirlenmiştir. Yatak devir hızı en düşük ($n = 29,6$) Nöroloji YBÜ iken, en yüksek yatak devir hızınının ($n = 106$) Göğüs Cerrahisi YBÜ'de olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Tanımlayıcı bulgular

Yoğun Bakım Üniteleri	Girdiler			Çıktılar					
	Doktor Sayısı	Hemşire Sayısı	Yatak Sayısı	Tıbbi Cihaz Sayısı	Yatan Hasta Sayısı	Taburcu Olan Hasta Sayısı	Vefat Eden Hasta Sayısı	Yatak Doluluk Oranı (%)	Yatak Devir Hızı
Anestezi ve Reanimasyon	13	22	12	46	415	330	0,011	95,4	34,6
Beyin ve Sinir Cerrahisi	10	18	9	48	668	642	0,038	98,6	83,5
Çocuk	9	13	6	35	334	293	0,024	76,2	47,7
Genel Cerrahi	11	15	6	38	416	335	0,012	89,5	69,3
Göğüs Cerrahisi	7	6	2	15	212	206	0,166	53,3	106,0
Göğüs Hastalıkları	13	12	7	40	254	231	0,043	101,1	36,3
İç Hastalıkları	11	16	9	42	390	238	0,006	95,3	43,3
İç Hastalıkları Hematoloji	6	7	4	23	125	76	0,020	67,4	31,3
Koroner	10	14	9	39	1337	1300	0,027	51,7	74,3
Kalp ve Damar Cerrahisi	9	13	10	44	495	450	0,022	101,6	82,5
Nöroloji	11	11	6	36	207	163	0,022	100,1	29,6
Yenidoğan	16	26	22	63	832	801	0,032	81,0	36,2

VZA sonuçlarına göre CCR modelinde 12 YBÜ'nün; Beyin ve Sinir Cerrahisi YBÜ, Göğüs Cerrahisi YBÜ, İç Hastalıkları Hematoloji YBÜ, Koroner YBÜ, Kalp ve Damar Cerrahisi YBÜ'nün %100 görelî etkinlik değerine sahip olduğu tespit edilirken BCC modeline göre ise Beyin ve Sinir Cerrahisi YBÜ, Genel Cerrahi YBÜ, Göğüs Cerrahisi YBÜ, Göğüs Hastalıkları YBÜ, İç Hastalıkları Hematoloji YBÜ, Koroner YBÜ, Kalp ve Damar Cerrahisi YBÜ, Nöroloji YBÜ'nün %100 görelî etkinlik değerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. CCR ve BCC VZA etkinlik sonuçları

Yoğun Bakım Üniteleri	CCR Etkinlik Skoru	BCC Etkinlik Skoru
Anestezi ve Reanimasyon	0,769	0,842
Beyin ve Sinir Cerrahisi	1,000	1,000
Çocuk	0,870	0,878
Genel Cerrahi	0,916	1,000
Göğüs Cerrahisi	1,000	1,000
Göğüs Hastalıkları	0,906	1,000
İç Hastalıkları	0,859	0,910
İç Hastalıkları Hematoloji	1,000	1,000
Koroner	1,000	1,000
Kalp ve Damar Cerrahisi	1,000	1,000
Nöroloji	0,956	1,000
Yenidoğan	0,631	0,669

VZA analizi sonucunda etkin bulunmayan KVB'lerin etkinlik sınırına ulaşması için girdi değişkenlerinde yapmaları gereken değişimler incelendiğinde BCC modeline göre Anestezi ve Reanimasyon YBÜ, Çocuk YBÜ, İç Hastalıkları YBÜ, Yenidoğan YBÜ'ler girdilerini çeşitli oranlarda azaltması gerekirken CCR modeline göre ise BCC modeline ek olarak Genel Cerrahi YBÜ, Göğüs Hastalıkları YBÜ ve Nöroloji YBÜ'lerde girdilerini çeşitli oranlarda azaltması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 6).

BCC modele göre Anestezi ve Reanimasyon YBÜ'nün doktor sayısını %8 oranında, hemşire sayısı %27 oranında, yatak sayısı %17 oranında azaltıldığında etkin olacaktır. Çocuk YBÜ'nün hemşire sayısını %8 oranında azaltıldığında etkin olacaktır. İç Hastalıkları YBÜ'nün hemşire sayısını %19 oranında, yatak

sayısını %11 oranında azaltıldığında etkin olacaktır. Yenidoğan YBÜ'nün doktor sayısını %6 oranında, hemşire sayısı %15 oranında azaltıldığında etkin olacaktır (Tablo 6).

CCR modele göre Anestezi ve Reanimasyon YBÜ'nün hemşire sayısını %23 oranında yatak sayısını %25 oranında azaltıldığında etkin olacaktır. Çocuk YBÜ'nün tıbbi cihaz sayısını %3 oranında azaltıldığında etkin olacaktır. Genel Cerrahi YBÜ'nün hemşire sayısını %7 oranında, tıbbi cihaz sayısı %3 oranında azaltıldığında etkin olacaktır. Göğüs Hastalıkları YBÜ'nün doktor sayısını %8 oranında, yatak sayısını %14 oranında, tıbbi cihaz sayısını %10 oranında azaltıldığında etkin olacaktır. İç Hastalıkları YBÜ hemşire sayısını %13 oranında, yatak sayısını %11 oranında azaltıldığında etkin olacaktır. Nöroloji YBÜ'nün doktor sayısını %9 oranında, tıbbi cihaz sayısını %6 oranında azaltıldığında etkin olacaktır. Yenidoğan YBÜ'nün hemşire sayısının %12 oranında, yatak sayısını %23 oranında azaltıldığında etkin olacaktır (Tablo 6).

Tablo 6. BCC ve CCR modeli iyileştirme sonuçları

		BCC Modeli					CCR Modeli				
		Doktor Sayısı	Hemşire Sayısı	Yatak Sayısı	Tıbbi Cihaz Sayısı	Referans Kümesi	Doktor Sayısı	Hemşire Sayısı	Yatak Sayısı	Tıbbi Cihaz Sayısı	Referans Kümesi
Anestezi ve Reanimasyon Yoğun Bakım	Hedeflenen değer	12	16	10	46	9 (0,107) 10 (0,304) 11 (0,589)	13	18	9	46	5(0,258) 8(1,082) 9(0,168)
	İyileştirme oranı (%)	%8	%27	%17			-	%23	%25	-	
Çocuk Yoğun Bakım	Hedeflenen değer	9	12	6	35	2 (0,334) 5 (0,260) 8 (0,343) 11 (0,063)	9	12	6	34	2 (0,330) 5 (0,289) 8 (0,420)
	İyileştirme oranı (%)	-	%8	-	-		-	-	-	%3	
Genel Cerrahi Yoğun Bakım	Hedeflenen değer	-	-	-	-	-	11	14	6	37	2(0,339) 5(0,755) 8(0,234)
	İyileştirme oranı (%)	-	-	-	-	-	-	%7	-	%3	
Göğüs Hastalıkları Yoğun Bakım	Hedeflenen değer	-	-	-	-	-	12	12	6	36	5(0,802) 8(0,866)
	İyileştirme oranı (%)	-	-	-	-	-	%8		%14	%10	
İç Hastalıkları Yoğun Bakım	Hedeflenen değer	11	13	8	42	5 (0,045) 9 (0,067) 10 (0,371) 11 (0,517)	11	14	8	42	5(0,022) 8(1,266) 9(0,170)
	İyileştirme oranı (%)	-	%19	%11	-		-	%13	%11	-	
Nöroloji Anabilim Dalı Yoğun Bakım	Hedeflenen değer	-	-	-	-	-	10	11	6	34	5(0,344) 8(1,213)
	İyileştirme oranı (%)	-	-	-	-	-	%9	-	-	%6	
Yenidoğan Yoğun Bakım	Hedeflenen değer	15	22	22	63	2 (0,234) 5 (0,031) 9 (0,369) 10 (0,367)	16	23	18	63	5 (0,283) 9 (0,421) 10 (0,434)
	İyileştirme oranı (%)	%6	%15	-	-		-	%12	%23	-	

KVB'lerin referans olma sıklığı incelendiğinde CCR modeline göre Göğüs Cerrahisi YBÜ'nün 6 ile en fazla, BCC modeline göre ise Göğüs Cerrahisi, Koroner, Kalp ve Damar Cerrahisi, Nöroloji YBÜ'nün 3 ile en fazla etkin olmayan YBÜ'lere referans olduğu görülmektedir. CCR modeline göre İç Hastalıkları Hematoloji YBÜ beşer kez, Koroner YBÜ üçer kez, Beyin ve Sinir Cerrahisi ve Kalp ve Damar Cerrahisi YBÜ birer kez, BCC modeline göre ise Beyin ve Sinir Cerrahisi YBÜ ikişer kez, İç Hastalıkları Hematoloji YBÜ birer kez referans olmuştur (Tablo 7).

Tablo 7. BCC ve CCR Modele göre referans alınacak KVB

Yoğun Bakım Üniteleri	BCC Model		CCR Model	
	Referans KVB Kümesi	Referans Sıklığı	Referans KVB Kümesi	Referans Sıklığı
Anestezi ve Reanimasyon	9 (0,107) 10 (0,304) 11 (0,589)		5 (0,258) 8 (1,082) 9 (0,168)	
Beyin ve Sinir Cerrahisi		2		1
Çocuk	2 (0,334) 5 (0,260) 8 (0,343) 11 (0,063)		2 (0,330) 5 (0,289) 8 (0,420)	
Genel Cerrahi		0		0
Göğüs Cerrahisi		3		6
Göğüs Hastalıkları		0	5 (0,802) 8 (0,866)	
İç Hastalıkları	5 (0,045) 9 (0,067) 10 (0,371) 11 (0,517)		5 (0,022) 8 (1,266) 9 (0,170)	
İç Hastalıkları Hematoloji		1		5
Koroner		3		3
Kalp ve Damar Cerrahisi		3		1
Nöroloji		3	5 (0,344) 8 (1,213)	
Yenidoğan	2 (0,234) 5 (0,031) 9 (0,369) 10 (0,367)		5 (0,283) 9 (0,421) 10 (0,434)	

VZA sonuçlarına göre etkin olan birimler arasında sıralama yapılabilmesi için süper etkinlik analizinden yararlanılmaktadır. Süper etkinlikler incelenirken etkinlik skoruna göre karar verilmektedir. CCR modeli süper etkinlik sonuçlarına göre Göğüs Cerrahisi YBÜ (4,589) en etkin olarak görülürken, BCC modele göre ise Beyin ve Sinir Cerrahisi YBÜ, Göğüs Cerrahisi YBÜ, Koroner YBÜ, Kalp ve Damar Cerrahisi YBÜ en etkin görülmektedir (Tablo 8).

Tablo 8. CCR ve BCC VZA modeline göre süper etkinlik sonuçları

Yoğun Bakım Üniteleri	CCR Süper Etkinlik Skoru	BCC Süper Etkinlik Skoru
Beyin ve Sinir Cerrahisi	1,046	Büyük*
Genel Cerrahi		1,313
Göğüs Cerrahisi	4,589	Büyük*
İç Hastalıkları Hematoloji	1,229	1,238
Koroner	2,604	1,370
Kalp Ve Damar Cerrahisi	1,140	Büyük*
Nöroloji		1,219

Not: *Değer çok yüksek olduğu için program çıktısında etkinlik değeri büyük olarak sonuç vermiştir.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışma ile Gazi Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezi YBÜ'lerinin etkinlik değerleri belirlenmiş, etkin olmayan birimlerin daha etkin duruma geçebilmesi için hangi girdi değişkeninde ne düzeyde iyileştirme yapmaları gerektiği ve etkin olabilmesi için hangi YBÜ'yü referans alması gerektiği ortaya konulmuştur.

CCR modeline göre Beyin ve Sinir Cerrahisi YBÜ, Göğüs Cerrahisi YBÜ, İç Hastalıkları Hematoloji YBÜ, Koroner YBÜ, Kalp ve Damar Cerrahisi YBÜ'nün görelisi olarak etkin iken, BCC modeline göre ise Beyin ve Sinir Cerrahisi YBÜ, Genel Cerrahi YBÜ, Göğüs Cerrahisi YBÜ, Göğüs Hastalıkları YBÜ, İç Hastalıkları Hematoloji YBÜ, Koroner YBÜ, Kalp ve Damar Cerrahisi YBÜ, Nöroloji YBÜ'nün görelisi olarak etkin olduğu tespit edilmiştir.

Her iki modelde; Beyin ve Sinir Cerrahisi YBÜ, Göğüs Cerrahisi YBÜ, İç Hastalıkları Hematoloji YBÜ, Koroner YBÜ, Kalp ve Damar Cerrahisi YBÜ'nün görelisi olarak etkin olduğu tespit edilmiştir. Anestezi ve Reanimasyon YBÜ, Çocuk YBÜ, İç Hastalıkları YBÜ ve Yenidoğan YBÜ'nün ise her iki modelde görelisi olarak etkin olmadığı tespit edilmiştir. Görelisi etkin olmayan YBÜ'lerin diğer YBÜ'lere göre daha fazla doktor, hemşire, yatak ve tıbbi cihaz sayısına sahip oldukları belirlenmiştir. Anestezi ve Reanimasyon YBÜ, görelisi etkin bulunan YBÜ'lere göre en fazla doktor sayısına ($n = 13$), en fazla hemşire sayısına ($n = 22$), en fazla yatak sayısına ($n = 12$) ve en fazla tıbbi cihaz sayısına ($n = 46$) sahip olduğu belirlenmiştir. Yenidoğan YBÜ'nün ise görelisi etkin bulunan YBÜ'lere göre en fazla doktor sayısına ($n = 16$), en fazla hemşire sayısına ($n = 26$), en fazla yatak sayısına ($n = 22$) ve en fazla tıbbi cihaz sayısına ($n = 63$) sahip olduğu belirlenmiştir. Diğer YBÜ'lere göre daha fazla kaynağa sahip YBÜ'lerin görelisi etkin bulunmaması, mevcut kaynakların etkin kullanılmadığını göstermektedir.

Çalışmada bulunan çıktı değişkenleri incelendiğinde, yatan hasta sayısının en fazla ($n = 1337$) Koroner YBÜ'de olduğu belirlenmiştir. Bu durumun en önemli sebepleri arasında Koroner YBÜ'nün birinci basamak hasta profiline sahip hastalara hizmet vermesinin olabileceği düşünülmektedir. Birinci basamak YBÜ'lerde bulunan hastaların tedavi ve bakımlarının diğer basamaklara göre daha kolay olabileceği söylenebilir. Bu duruma bağlı olarak taburcu hasta sayısının da en fazla ($n = 1300$) Koroner YBÜ'de olduğu belirlenmiştir. Vefat eden hasta sayısının en fazla ($n = 152$) İç Hastalıkları YBÜ'de olduğu belirlenmiştir. Bu durumun sebepleri, İç Hastalıkları YBÜ'de bulunan hastaların, hastalık prognozunun ağır seyretmesi, hastaların diğer YBÜ'lere göre daha uzun yatış sürelerinin olması, uzun süreli yatışlara bağlı olarak hastane enfeksiyonları gelişmesinin olabileceği düşünülmektedir. Göğüs Hastalıkları YBÜ, Kalp ve Damar Cerrahisi YBÜ ve Nöroloji YBÜ'nün %100 yatak doluluk oranlarına sahip oldukları belirlenmiştir. Bu durum, hastanede bu YBÜ'lere ihtiyaç duyan hasta sayılarının fazla olduğunu göstermekle beraber bu YBÜ'lerin kaynaklarının talebe cevap vermede yetersiz kalabildiğini de göstermektedir. Göğüs Cerrahisi YBÜ'nün en düşük yatak sayısına ($n = 2$) sahip olmasından dolayı en yüksek yatak devir hızına ($n = 106$) sahip olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada etkin bulunmayan YBÜ'lerin genel olarak; doktor sayısı, hemşire sayısı, yatak sayısı ve tıbbi cihaz sayısının fazlalığına bağlı olarak etkinliklerinin azaldığı görülmekle beraber bu durumun YBÜ'ler arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. BCC modele göre doktor sayısını azaltması gereken YBÜ'ler Anestezi ve Reanimasyon ve Yenidoğan, hemşire sayısını azaltması gereken YBÜ'ler, Anestezi ve Reanimasyon, Çocuk, İç Hastalıkları ve Yenidoğan, yatak sayısını azaltması gereken YBÜ'ler, Anestezi ve Reanimasyon ve İç Hastalıkları YBÜ'dür. CRR modele göre doktor sayısını azaltması gereken YBÜ'ler Göğüs Hastalıkları ve Nöroloji, hemşire ve yatak sayısını azaltması gereken YBÜ'ler, Anestezi ve Reanimasyon, İç Hastalıkları, Genel Cerrahi ve Yenidoğan, tıbbi cihaz sayısını azaltması gereken YBÜ'ler, Çocuk, Genel Cerrahi, Göğüs Hastalıkları ve Nöroloji YBÜ'dür. Ulusal literatürde VZA yöntemiyle yapılan çalışmaların çoğunluğunda da hastanelerin etkinliklerini arttırmaları için, doktor sayısı, hemşire sayısı, yatak sayısı, yardımcı sağlık personellerinin sayısı gibi değişkenlerin çeşitli oranlarda azaltılması gerektiği belirlenmiştir (Aytekin, 2011; Vedat ve Bilge, 2013; Doğan ve Gencan, 2014; Şenol ve Gençtürk 2017).

Uluslararası literatürde, ulusal literatüre benzer olarak doktor sayısı, hemşire sayısı, yatak sayısı gibi değişkenlerin çeşitli oranlarda azaltılması gerektiği belirtilmiştir (Bahrami ve diğerleri, 2018; Lu ve diğerleri, 2020; Mitropoulos ve diğerleri 2018). İyileştirme yapılması gereken değişkenler açısından sağlık hizmetlerinin etkinliklerinin ölçümüne yönelik yapılmış daha önceki çalışmalar ile bu çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Ulusal ve uluslararası yapılmış olan çalışmalarda çıktı değişkenleri olarak, çalışmamıza benzer şekilde taburcu hasta sayısı, yatak devir hızı, yatak doluluk oranı gibi değişkenlerin kullanıldığı görülmektedir. Çalışmanın çıktı değişkenlerinde yer alan yatak doluluk oranının YBÜ'lerin etkinliklerini değiştirebileceği düşünülmektedir. Migdadi ve Al-Momani (2018) Ürdün Sağlık Bakanlığına bağlı 15 hastanenin etkinliklerini VZA yöntemiyle inceledikleri çalışmada, yataklı servislerin ve YBÜ'lerin yatak doluluk oranlarının hastanelerin etkinliklerinde belirleyici olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Etkin olan YBÜ'ler arasında; CCR VZA sonuçlarına göre etkin olan 6 YBÜ'den en etkin olanı Göğüs Cerrahisi YBÜ, BCC VZA sonuçlarına göre 8 YBÜ'den en etkin olanı ise Kalp ve Damar Cerrahisi YBÜ olduğu belirlenmiştir. Bu YBÜ'lerin en etkin olmalarının sebepleri arasında, diğer YBÜ'lere oranla yatak devir hızlarının yüksek olmasına, yatan hasta sayısına oranla vefat hasta sayılarının daha az olmasına, yatak sayısına bağlı yeterli sayıda tıbbi cihaz bulunulmasına, yatan hasta sayısına hizmet verebilecek

yeterli sayıda doktor ve hemşire sayısının varlığına bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Hastane harcamaları içerisinde büyük bir paya sahip olan YBÜ'lerin etkin ve verimli şekilde sağlık hizmetini sunması bir zorunluluk haline gelmiştir. Çalışma sonunda ortaya konulan analiz sonuçlarında, görece olarak etkin olmayan YBÜ'lerin oransal yüzdelerinin dikkate değer bir seviyede olduğu tespit edilmiştir. Bir YBÜ'nün diğerlerine göre etkinlik düzeyinin belirlenmesinin oldukça önemli olmasının dışında, hastane içerisinde pek çok sayıda farklı hizmet üreten bundan dolayı da gelir ve gideri olan birimlerin de etkinlik düzeylerinin bilinmesi karar vericilerin alacağı önlemler açısından ayrıca önemlidir. Bu sebeple hastanelerde yapılacak olan etkinlik ölçümü çalışmalarının sadece YBÜ'ler ile sınırlı kalmaması daha geniş sonuçlara ulaşılabilmesi sağlayacaktır. Hastane yöneticileri için temel hedef, etkin olmayan birimlerin hangi kaynağa bağlı olarak etkinliğinin düştüğünün bilinmesi olmalıdır. Böylece alacağı önlemler için yol gösterici bir stratejileri olacaktır. YBÜ'lerde uzun dönem bakım gerektiren hastaların olması, YBÜ'lerin kaynaklarını (yatak sayısı, cihaz ekipman sayısı, personel vb.) görece olarak etkin kullanılmasını engellediği düşünülmektedir. Aynı zamanda ortalama yaşam sürelerinin artışına bağlı olarak, 2017 yılına kıyasla 2026 yılında hastalık insidanslarının yaklaşık %80 artış göstereceği varsayılmaktadır. Bu durumda palyatif bakım üniteleri ile uzun dönem bakım gerektiren hastalara hizmet verecek ünite veya tesislerinin bulunması, YBÜ'lerin mevcut kaynaklarını daha etkin kullanmasında önemli yere sahip olacağı düşünülmektedir. Hastane yönetimi, düzenli aralıklar ile YBÜ performanslarını değerlendirmeli, etkin olmayan YBÜ için kendi yapısına uygun referans alabileceği etkin YBÜ belirlenmeli, etkinliklerinin artırılması ve sürdürülebilir kılınması için iyileştirmeler yapılmalıdır. Kaynakların atıl kullanılmasının önüne geçilebilmesi için doğru istihdam politikalarının uygulanması, yöneticilerin etkin kaynak kullanımını önemsemesi ve etkili bir denetleme sisteminin oluşturulması ile sağlanabileceği ile düşünülmektedir. Hastane yöneticileri, sunulan sağlık hizmeti içerisinde yer alan tüm birimlerin etkin olup olmadıklarına yönelik rutin değerlendirmeler yapılmalıdır. Hükümetler açısından sağlık harcamaları içerisinde önemli bir paya sahip olan YBÜ'lerin etkinliklerinin değerlendirilmesinde, bu çalışmanın ve daha sonraki yapılacak benzer çalışmaların kaynak teşkil edebileceği düşünülmektedir. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda YBÜ'lerin etkinlik ölçümleri sadece bir hastanede bulunan YBÜ'ler ile değil, farklı statüdeki hastanelerin YBÜ'leri ile karşılaştırılarak yapılmasıyla daha kapsamlı ve farklı sonuçların bulunacağı düşünülmektedir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Mustafa Dedecan: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı--orijinal taslak Nazan Torun: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Modelleme, Makale Yazımı--orijinal taslak, inceleme ve düzenleme

Mustafa Dedecan: Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft Nazan Torun: Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Akgöbek, Ö., Nişancı, İ., Serkan K. ve Tamer, E. (2015). "Veri Zarflama Analizi Yaklaşımını Kullanarak Bir Eğitim Kurumunun Şubelerinin Performanslarını Ölçme", *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 4(3), 43-54.
- Araújo, C., Barros, C. P. ve Wanke, P. (2014). "Efficiency determinants and Capacity Issues in Brazilian For-Profit Hospitals", *Health Care Management Science*, 17(2), 126-138.
- Asandului, L., Roman, M. ve Fatulescu, P. (2014). "The Efficiency of Healthcare Systems in Europe: A Data Envelopment Analysis Approach", *Procedia Economics and Finance*, 10, 261-268.
- Avkiran, N.K. (1999). "An Application Reference for Data Envelopment Analysis in Branch Banking: Helping the Novice Researcher", *International Journal of Bank Marketing*, 17(4), 206-220.
- Avkiran, N.K. ve Rowlands, T. (2008). "How To Better Identify the True Managerial Performance: State of the Art Using DEA", *Omega*, 36(2), 317-324.
- Aytekin, S. (2011). "Yatak İşgal Oranı Düşük Olan Sağlık Bakanlığı Hastanelerinin Performans Ölçümü: Bir Veri Zarflama Analizi Uygulaması", *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(1), 113-138.
- Bahrani, M.A., Rafiei, S., Abedi, M. ve Askari R. (2018). "Data Envelopment Analysis for Estimating Efficiency of Intensive Care Units: A Case Study in Iran", *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 31(4), 276-282.
- Bahurmoz, A.M. (1999). "Measuring Efficiency in Primary Health Care Centres in Saudi Arabia" *Economics and Administration* 12(2), 3-18.
- Banker, R.D., Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1984). "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Banker, R.D., Conrad, R.F. ve Strauss, R.P. (1986). "A Comparative Application of Data Envelopment Analysis and Translog Methods: An Illustrative Study of Hospital Production", *Management Science*, 32(1), 30-44.
- Bendheim, C.L., Waddock, S.A. ve Graves, S.B. (1998). "Determining Best Practice in Corporate-Stakeholder Relations Using Data Envelopment Analysis: An Industry-Level Study", *Business & Society*, 37(3), 306-338.
- Boussofiane, A., Dyson, R.G. ve Thanassoulis, E. (1991). "Applied Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1-15.
- Bowlin, W.F. (1998). "Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA)", *The Journal of Cost Analysis*, 15(2), 3-27.
- Cansel, A., Benli, Y. K. ve Bozoklu, Ç.P. (2016). "Measuring the Effectiveness of Performance-Based Budgeting with DEA: Ministry of Health in Turkey", *IIB International Refereed Academic Social Sciences Journal*, 7(23), 60.
- Chang, S.Y., Multz, A.S, Hall, J.B. (2005). "Critical Care Organization", *Critical Care Clinics*, 21(1), 43-53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccc.2004.07.003> ; PMID:15579352.
- Çalışkan, H. (2020). "Kamu Hastane Birliklerinin Verimlilik Düzeylerinin Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi", *Verimlilik Dergisi*, 2, 157-178.
- Çilhoroz, Y. (2021). "İstatistiki Bölge Birimlerinin Sağlık Hizmetleri Etkinliğinin Ölçülmesi", *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 24(3), 589-602.
- Doğan, N.Ö. ve Gencan, S. (2014). "VZA/AHP Bütünleşik Yöntemi İle Performans Ölçümü: Ankara'daki Kamu Hastaneleri Üzerine Bir Uygulama", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(2), 88-112.
- Durur, F., Günaltay, M. M. ve Işıkçelik, F. (2022). "Sağlık Hizmet Bölgelerinin Performansının Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi", *Verimlilik Dergisi*, 2, 165-182.
- Edbrooke, D., Hibbert, C., Ridley, S., Long, T., ve Dickie, H. (1999). "The Development of A Method for Comparative Costing of Individual Intensive Care Units: The Intensive Care Working Group on Costing" *Anaesthesia*, 54(2), 110-20.
- Esen, H. ve Yiğit, V. (2021). "Yoğun Bakım Yatak Kullanım Verimliliğinin Pabon Lasso Modeli ile Değerlendirilmesi", *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(2), 1138-1150.
- Esen, H. ve Yiğit, V. (2022). "Kamu Hastanelerinde Performans Değerlendirmesi: Veri Zarflama Analitik Hiyerarşi Prosesi (VZAHP) Ve Pabon Lasso Modeli (PLM) Uygulaması", *Verimlilik Dergisi*, 2, 231-250.
- Ferreira, D. ve Marques, R.C. (2018). "Identifying Congestion Levels, Sources And Determinants on Intensive Care Units: The Portuguese Case", *Health Care Management Science*, 21(3), 348-375.
- Grosskopf, S. ve Valdmanis, V. (1987). "Measuring Hospital Performance: A Non-Parametric Approach", *Journal of Health Economics*, 6(2), 89-107.
- Hollingsworth, B., Dawson, P.J. ve Maniadakis, N. (1999). "Efficiency Measurement of Health Care: A Review of Non-Parametric Methods and Applications", *Health Care Management Science*, 2(3), 161-172.

- Johannessen, K.A., Kittelsen, S.A. ve Hagen, T.P. (2017). "Assessing Physician Productivity Following Norwegian Hospital Reform: A Panel and Data Envelopment Analysis", *Social Science & Medicine*, 175, 117-126.
- Kutlar, A. ve Babacan, A. (2008). "Türkiye'deki Kamu Üniversitelerinde CCR Etkinliği-Ölçek Etkinliği Analizi: DEA Tekniği Uygulaması", *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15, 148-172.
- Langabeer, J.R. ve Ozcan, Y.A. (2009). "The Economics of Cancer Care: Longitudinal Changes in Provider Efficiency", *Health Care Management Science*, 12(2), 192-200.
- Leleu, H., Al-Amin, M., Rosko, M. ve Valdmanis, V.G. (2018). "A Robust Analysis of Hospital Efficiency and Factors Affecting Variability", *Health Services Management Research*, 31(1), 33-42.
- Li, Y., Liang, L., Chen, Y. ve Morita H. (2008). "Models for Measuring and Benchmarking Olympics Achievements", *Omega*, 36(6), 933-940.
- Lu, W., Evans, R.D., Zhang, T., Ni, Z. ve Tao H. (2020). "Evaluation of Resource Utilization Efficiency in Obstetrics and Gynecology Units in China: A Three-Stage Data Envelopment Analysis of the Shanxi Province", *The International Journal of Health Planning and Management*, 35(1), 309-317.
- Migdadi, Y.K.A.A. ve Al-Momani, H.S.M. (2018). "The Operational Determinants of Hospitals' Inpatients Departments Efficiency in Jordan", *International Journal of Operational Research*, 32(1), 1-23.
- Mitropoulos, P., Mitropoulos, I. ve Sissouras, A. (2013). "Managing for Efficiency in Health Care: The Case of Greek Public Hospitals", *The European Journal of Health Economics*, 14(6), 929-938.
- Mitropoulos, P., Mitropoulos, I., Karanikas, H. ve Polyzos, N. (2018). "The Impact of Economic Crisis on the Greek Hospitals' Productivity", *The International Journal of Health Planning and Management*, 33(1), 171-184.
- Mousa, W. ve Aldehayyat, J.S. (2018). "Regional Efficiency of Healthcare Services in Saudi Arabia", *Middle East Development Journal*, 10(1), 152-174.
- OECD (2020). "Health at A Glance 2011", https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/data/oecd-health-statistics/system-of-health-accounts-health-expenditure-by-function_data-00349-en, (Erişim Tarihi: 20 Temmuz 2022).
- Özgülbaş, N. (2005). "Sağlık Kurumlarında Finansal Performans Ölçümü ve Finansal Performansı Artırmak İçin Kullanılacak Stratejiler", *Verimlilik Dergisi*, 3, 125-144.
- Pirani, N., Zahiri, M., Engali, K.A. ve Torabipour, A. (2018). "Hospital Efficiency Measurement before and after Health Sector Evolution Plan in Southwest of Iran: A DEA-Panel Data Study", *Acta Informatica Medica*, 26(2), 106.
- Seiford, L.M. (1996). "Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978–1995)", *Journal of Productivity Analysis*, 7(2), 99-137.
- Sinem, M., Kutlu, G. ve Turgut, M. (2019). "Türkiye'de Sağlık Alanında Veri Zarflama Analizi Yöntemi Kullanılarak Yapılan Makalelerin İncelenmesi", *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi* 22(1), 207-244.
- Smith, P.C., Mossialos, E., Papanicolas, I. ve Leatherman, S. (2009). "Performance Measurement for Health System Improvement: Experiences, Challenges and Prospects", World Health Organization Regional Office for Europe, Denmark.
- Şenol, O. ve Gençtürk, M. (2017). "Veri Zarflama Analiziyle Kamu Hastaneleri Birliklerinde Verimlilik Analizi", *Journal of Suleyman Demirel University Institute of Social Sciences* 29(4), 265-289.
- Talmor, D., Shapiro, N., Greenberg, D., Stone, P. W. ve Neumann, P. J. (2006). "When Is Critical Care Medicine Cost-Effective? A Systematic Review of the Cost-Effectiveness Literature", *Critical Care Medicine*, 34(11), 2738-2747.
- Temür, Y. ve Bakırcı, F. (2008). "Türkiye'de Sağlık Kurumlarının Performans Analizi: Bir VZA Uygulaması", *Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(3), 262-281.
- Torun, N. (2020). "Sağlık Hizmetlerinde Etkinlik Ölçümü", Gazi Kitabevi, Ankara.
- TÜİK (2020). "Sağlık Harcamaları", <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Saglik-Harcamalari-Istatistikleri-2020-37192>, (Erişim Tarihi: 16 Mart 2020).
- Uygurtürk, H. ve Yıldız, İ. (2021). "İşletmelerin Etkinlikleri ile Finansal Performansları Arasındaki İlişki: Bilişim Sektörü Üzerine Bir Araştırma", *Verimlilik Dergisi*, 1, 3-15.
- Vedat, B. ve Bilge, H. (2013). "Eğitim ve Araştırma Hastanelerinde Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü", *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 1-14.
- Yang, W., Jin, F., Wang, C. ve Lv, C. (2012). "Industrial Eco-Efficiency and Its Spatial-Temporal Differentiation in China", *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 6(4), 559-568.
- Yazıcı, U. ve Çiçen, Y.B. (2021). "Karadeniz Bölgesindeki Devlet Hastanelerinin Sağlık Hizmetleri Etkinliğinin Analizi: 2018 Yılı İçin Veri Zarflama Analizinden Bulgular", *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 10(3), 341-352.
- Zilberberg M.D. ve Shorr A.F. (2008). "Prolonged Acute Mechanical Ventilation and Hospital Bed Utilization in 2020 in

The United States: Implications For Budgets, Plant and Personnel Planning”, *BMC Health Service Research*, 8, 242.

Forecasting of Renewable Energy Generation for Türkiye by Artificial Neural Networks and ARIMA Model: 2023 Generation Targets by Renewable Energy Resources

Özlem KARADAĞ ALBAYRAK¹

ABSTRACT

Purpose: Türkiye attaches particular importance to the energy production with renewable energy sources in order to overcome the negative economic, environmental and social effects which are caused by fossil resources in energy production. The aim of this study is to propose a model for forecasting the amount of energy to be produced for Türkiye using renewable energy resources.

Methodology: In this study, a forecasting model was created by using the generatio amount of energy generation from renewable sources data between 1965 and 2019 and by using Artificial Neural Networks (ANN) and Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) methods.

Findings: While it was estimated that 127.516 TWh of energy will be produced in 2023 with the ANN method, this amount was estimated as 45,457 TeraWatt Hours (TWh) with the ARIMA (1,1,6) model. Mean Absolute Percent Error (MAPE) was calculated in order to determine the margin of error of the forecasting models. These values were determined as 13.1% for the ANN model and 21.9% for the ARIMA model. These results show that the ANN model gives a more appropriate estimation result.

Originality: In this research, a new model was proposed for the amount of energy to be obtained from RES in Türkiye. It is thought that the results obtained in this study will be useful in energy planning and management.

Keywords: Energy, Renewable Energy Sources, Renewable Energy Generation Forecast, Artificial Neural Networks, ARIMA Model, Time Series Forecast.

JEL Codes: C22, C53, O13.

Yapay Sinir Ağları ve ARIMA Modeli ile Türkiye İçin Yenilenebilir Enerji Üretimini Tahmini: 2023 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Göre Üretim Hedefleri

ÖZET

Amaç: Türkiye, enerji üretiminde fosil kaynakların neden olduğu olumsuz ekonomik, çevresel ve sosyal etkileri ortadan kaldırmak için yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji üretimine ve tahminine çok önem vermektedir. Bu çalışmanın amacı, Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak Türkiye’de üretecek enerji miktarını tahmin etmek için bir model önermektir.

Yöntem: Bu araştırma 1965-2019 yılları arasında yenilenebilir kaynaklı enerji üretim verileri kullanılarak Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (ARIMA) yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Bulgular: ANN yönteminde, 2023 yılında 127.516 TWh enerji üretileceği tahmin edilirken, ARIMA (1.1.6) modeli ile bu miktarın 45.457 TeraWatt Saat (TWh) olacağı tahmin edilmiştir. Tahmin modellerinin hata payını belirlemek için Ortalama Mutlak Yüzde Hatası (MAPE) hesaplanmıştır. Bu değer YSA modeli ile %13,1, ARIMA modeli ile %21,9 olarak belirlenmiştir. YSA modelinin daha doğru bir sonuç verdiğini göstermiştir.

Özgünlük: Türkiye’de YEK’den elde edilecek enerji miktarı tahmini için model önerisi yapılmıştır. Bu çalışmada ulaşılan sonuçların enerji planlaması ve yönetiminde faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Yenilenebilir Enerji Üretimi Tahmini, Yapay Sinir Ağları, ARIMA Modeli, Zaman Serisi Tahmini.

JEL Kodları: C22, C53, O13.

¹ Assoc. Prof, Kafkas University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of International Trade and Logistic, Kars, Türkiye, ozlemkaradagalbayrak@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0832-0490.

DOI: 10.51551/verimlilik.1031367

Research Article | Submitted Date: 01.12.2021 | Accepted Date: 06.12.2022

Cite: Karadağ Albayrak, Ö. (2023). "Forecasting of Renewable Energy Generation for Türkiye by Artificial Neural Networks and ARIMA Model: 2023 Generation Targets by Renewable Energy Resources", *Verimlilik Dergisi*, 57(1), 121-138.

1. INTRODUCTION

Energy is one of indicators of the development level of the countries. It is one of the important factors, especially for reducing poverty and increasing life standards (Zolfani and Saparauskas, 2013). In recent years, energy consumption has increased highly due to fundamental changes in the industry and economies in the world. Energy is vital for a country's social, economic and environmental sustainable development (Suganthia and Samuel, 2012). Energy consumption has increased incrementally in the global scale in the last decade. In this regard, accurate demand forecasting is essential for decision-makers to develop an optimal strategy not only for reducing risk but also for improving economy and society as a whole (Oliveira and Oliveira, 2018), and energy supply is one of the most important issues in the global scale (Jahanshah et al. 2019). Accurate forecasting demand for fixed electricity is of paramount importance for protecting material resources (Hu et al., 2019). Accurate estimation of the energy to be obtained from energy sources ensures efficient planning while energy and resource allocation are made.

Forecasting energy demand in the developing markets is one of the most important policy-making tools used by decision-makers around the world. The energy forecasting referring to electrical demand prediction is used in all departments of the public service sector, including transmission, generation, distribution and retail sales. Energy forecasting applications are utilized in distribution and transmission planning, power supply planning, power system maintenance and operations, demand management, rate design, financial plans development (Ahmad et al. 2020). In general, terms of forecast, estimate and prediction are the words used regarding the concept of having an expected value for future demand in markets (Ghalekhondabi et al. 2016).

In the world, most of energy is provided by fossil resources such as oil, natural gas, coal which are called non-renewable resources. Extinction of fossil resources and increasing concerns about the environmental impact of fossil fuel-related greenhouse gas emissions in the atmosphere cause decision-makers to search for sustainable and renewable energy sources (Jahanshahi et al., 2019; Broadny et al., 2020). Renewable energy covers any permanent energy source which does not have any harmful effect on the environment and which is generated naturally. Today, the concept of sustainable environment is directly identified with renewable energy (Cengiz ve Manga, 2021). As a response to the extinction of supply and demand of fossil resources such as oil, the increase in renewable energy has become the most important issue regarding the energy planning approaches in the world (Ahmad et al. 2019).

Ranked among the developing countries, Türkiye supplies most of its energy by fossil resources. These resources are supplied from foreign countries. For this reason, the use of renewable energy sources is considered as a part of the diversification of energy sources (Alkan and Albayrak, 2020).

The Republic of Türkiye is a country with a strategic location due to having soils in both Asia and Europe. Most of the energy need of Türkiye is supplied by fossil resources. The potential of renewable energy sources, such as wind, solar, hydraulic, geothermal and biomass resources, excluding wave and hydrogen energy, is quite high in Türkiye. The energy amount generated in Türkiye in 2019 through renewable sources and installed power amounts is provided in Table 1. While the ratio of the generation in Renewable Energy Resources Support Mechanism (YEKDEM) to the total electricity generation of the country was 24,07 % in 2020, this rate decreased to 22,37 % in 2021.

Table 1. Renewable energy sources in Türkiye

Sources	2021 Produce Quantity (MWh)			2020 installed capacity (MegaWatt-MW)		
	Licensed	Unlicensed	Sum	Licensed	Unlicensed	Sum
Wind	25200967		25200967	6750		6750
Geothermal	8162845		8162845	1465		1465
Biomass	5169983		5169983	873		873
Solar	1492885	12149419	13642304	305	7083	7388
Hydro	21980145		69	12227		12227

As it can be concluded by this table, the largest share among RES belongs to hydraulic energy sources. However, only the hydraulic energy generation facilities with a river type or reservoir area of less than fifteen square kilometres are considered renewable among all hydraulic resources as reported in YEKDEM (YEKDEM, 2020). Türkiye attaches great importance to renewable energy sources in its future plans, especially its 2023 goals. In accordance with this goal, it is aimed to increase the RES share in the energy generation in 2023 to 30% (The hydraulic source rate in this goal is the generation rate only from hydraulic power plants within the scope of YEKDEM).

Most of Türkiye's national wealth is spent on energy supply. In addition, it is affected by global crises instantly (for example, Iran, Russia crises). This results in the problem of energy supply security. When energy is generated by RES sources, the national wealth spent on fossil resources such as natural gas, oil, coal will be used for the development of the country. In this respect, increasing the share of RES in total energy raw material supply may be considered as a national issue. Naimoğlu and Akal (2022) According to estimation studies conducted with resilient estimators, coal and oil use and energy losses negatively affect energy efficiency, while natural gas, hydro, electricity and renewable resources affect energy efficiency positively.

With this research, a model proposal has been made for the amount of energy to be obtained from RES in Türkiye. It is thought that the results obtained in this study will be useful in energy planning and management. The possible contributions of this study may be listed as follows:

- The most important contribution of this study may be to reveal that RES sources should be used instead of fossil resources with many negative effects for Türkiye related to energy demand security, environment, economy but having 55% of all energy demand.
- To suggest a new model by which RES energy generation forecasting will be made for Türkiye,
- To provide a perspective for 2023 by predicting 2023 RES generation amounts of the Republic of Türkiye by this model,
- Türkiye's sustainable development objectives, one of the most important factors in driving forward research on renewable energy
- To perform a RES generation forecast in Türkiye by ANN and ARIMA methods for the first time,
- To reveal the efficiency of ANN and ARIMA models which are appropriate for prediction.

Within this research, Section 2 briefly reviews the literature for renewable energy sources and energy estimation models derived from renewable energy sources. Section 3 describes the data and empirical estimation methodology. Section 4 reports the empirical findings and Section 5 contains conclusions and policy recommendations.

2. LITERATURE REVIEW

When studies on energy demand and generation forecast are examined, it is seen that in addition to traditional techniques such as econometric and time series models, calculation method applications, utilised with a software, such as ANN, fuzzy logic and other models are also used (Ghalekhondabi et al., 2016). Most of the first studies conducted in Türkiye on energy forecasting have been based on various modelling types (Ediger and Akar, 2007). In the following studies administered on energy demand, techniques such as ANN, Genetic Algorithms, Grey Prediction Models, Particle Swarm Optimization, ARIMA, Linear Regression, Seasonal Auto-Regressive Integrated Moving-Average (SARIMA) have been utilised (Kankal et al. 2011). The reason for such a frequent use of ANN may be explained with the desire to specify the relationship among the variables such as energy demand, consumption, generation with explanatory variables such as Gross Domestic Product (GDP), population, amount of export, import, electricity generation or consumption. In addition, the ANN model is frequently used when many conditions need to be met. ARIMA models are also used frequently for forecasting but have some limitations. ARIMA models are also often used for forecasting, but they have some limitations. One of them is that they can be applied for stationary time series and the minimum recommended sample size is 50 (Jamil, 2020).

In most of the estimation studies on energy resources in Türkiye and in the world, hydraulic resources have been accepted as renewable energy resources and general energy forecasting models have been created.

Generally, the efficiency of electricity demand forecasting and model results has been checked with cointegration analysis and ARIMA modeling (Erdoğan, 2007). In order to forecast annual hydraulic source related generation values, a feedback and back-propagation ANN model has been suggested (Cinar and Kayakutlu, 2007). Energy demand forecasting for fossil resources was made by ARIMA and SARIMA models regarding 2005-2020 (Ediger ve Akar, 2007). Sozen and Arcaklioglu (2007), utilised the variables of population, gross generation, installed power, net electricity consumption, import and export as inputs of the ANN model regarding the forecasting of energy sources in Türkiye. Kankal et al. (2011), have used modelling and forecast approaches to analyse the energy consumption in Türkiye by integrating demographic and socioeconomic indicators with regression analysis and ANN technique. A forecast has been performed by ARIMA technique by using annual time series data between 1990-2015 on household energy consumption in the countries of Eurozone (Jahanshahi et al. 2019). The energy consumption for

the next year was determined as 186244 tons of petroleum equivalent (TOE) with the ARIMA (0,1,1) estimation model.

There are few studies on energy production, consumption and demand forecasting models for renewable energy sources for Türkiye. For the forecasting of energy generation related to hydraulic sources in Türkiye, Uzlu et al. (2014), utilised ANN and Artificial Bee Colony (ABC) algorithm together by using gross electricity energy demand, population, average annual temperature and energy consumption variables. They have estimated energy generation amount by hydraulic sources to become between 69.1 and 76.5 TWh. Şahin (2020) estimated that Türkiye's total renewable installed power will be 80.3 GW and production amount will be 241.3 TWh in 2030 by applying the fractional non-linear gray estimation method.

When the research for the world is examined, Broadny et al. (2020) developed a model to be used to estimate the consumption amounts of renewable energy resources in Poland as a whole and for different resources using the ANN model. As a result of this forecast, MAPE value of the forecasting model of RES sources has been specified to be 3.07%. Hu et al. (2020), comparing the prediction results of different methods by applying the deep learning framework into the basic echo state network technique, and the effectiveness of the ANN method (according to MAPE) was quite good. Jamil (2020) estimated Pakistan's consumption of energy produced by using hydraulic resources by 2030 using ARIMA models. He has suggested that, according to the ARIMA (9,1,7-19) model, there will be an increase of approximately 24% in consumption by 2030 (MAPE approximately 1.5). Energy demand prediction has been made in France by ANN and ARIMA models (Asensio et al., 2020). In this study, the efficacy of both methods has been specified to be close.

Shireena et al. (2018), have developed a method by MTL-GP-TS algorithm for solar panel PV generation forecasting. Wang et al. (2020), have predicted the monthly energy consumption rate of energy generated by solar in the USA through seasonal Grey Forecast method. Araujo da Silva Junior (2020), has made a biomass energy generation forecast in Brazil. Mason et al. (2018), have developed an ANN model to predict wind energy forecast.

What is more, there are studies in which ANN and ARIMA models have been used together in energy forecasting. Kazemzadeh et al. (2020) and Kheirkhah et al. (2013) employed ANN and ARIMA models together for energy demand prediction. Nair et. al (2017) have utilised ANN and ARIMA models in order to estimate wind speed of certain regions. ANN and ARIMA models have been also used together for the forecast of wind energy generation and it has been provided that more efficient predictions have been performed by ARIMA model.

This study provides production quantity forecast model for energy planning of Türkiye in general and its renewable energy source planning in particular. ANN and ARIMA techniques are used for this model. In this technique, production estimates are made based on Türkiye's 2023 energy perspective. What is more, the efficacy of ANN and ARIMA models for RES generation forecast are investigated. Unlike other studies in the literature, this research aimed to measure the effectiveness of these two prediction models and to propose a usable model.

3. METHODOLOGY

3.1. Artificial Neural Networks

ANN is characterised as a data-based approach. ANN is widely used in practice to solve various classes of tasks such as estimation and approach, pattern recognition and classification, decision making and control (Abdirassilov and Śladkowski, 2018). Data are used by ANN to specify the relationship between input and output variables and to predict output values (Ghalekhondabi et al., 2016). ANNs are human-controlled initiatives to simulate and understand what is happening in the nervous system by hoping to seize some of the power of biological systems. ANNs are inspired by biological systems with a large number of neurons and that perform tasks which cannot be even matched by the largest computers (Kankal et al., 2011). ANN is a non-linear, easy to apply approach which forms statistical models. Although it is a nonparametric approach, they are parametric models requiring a more comprehensive history of many statistical classifications and statistics (Ahmad et.al, 2020).

Of the different networks, feed-forward neural networks or multilayer perceptron are generally used in the engineering. Multilayer Neural Networks (MLP) networks are normally organized in three neuronal layers; input layer and output layer represent the input and output variables of a model, and there are one or more hidden layers between them containing the network's ability to learn nonlinear relationships (Kheirkhah et al. 2013). The structure of an ANN model formed of these layers is shown in Figure 1.

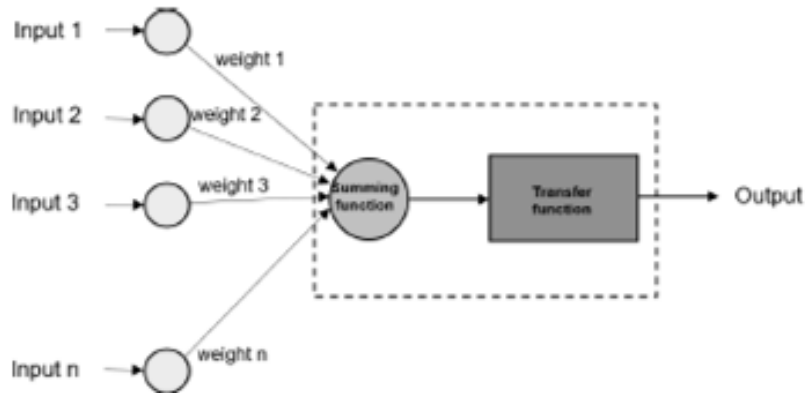


Figure 1. ANN structure (Brodny et al., 2020)

In ANN models, the signals in the input layer (x_i) are transmitted to the neurons in the hidden layer. Input signals have different loads (w_i^x) in each neuron in the hidden layer. Total sign (s_i) is determined by multiplying each input signal with the weight and taking the sum (Jasinski et al. 2016) (Equation 1).

$$s_i = \sum_{i=1}^n w_i^x \cdot x_i \quad (1)$$

The activation function, which is called also transfer function, identifies the relationship between the inputs and outputs of a node and network (Wei and Chen, 2012). Some of the important activation functions used in the transformations performed by neurons are as in Equations 2-6 (Jahanshahi et al. 2019):

Logistic function:

$$\varphi(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2)$$

Hyperbolic tangent function:

$$\varphi(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (3)$$

Exponential function:

$$\varphi(x) = e^x \quad (4)$$

Linear function:

$$\varphi(x) = x \quad (5)$$

The data used were transformed into values in the range of (6) [0,1] by the linear normalization method.

$$x_{normalize} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (6)$$

3.2. ARIMA Models

Time series forecasting is a significant research field in which previous data are used to estimate future values by developing a statistical model, facilitating to develop a statistical framework to forecast future values of the system with the least predictable error (Bhardwaj et al., 2020). ARIMA method, the most popular forecast method, is used for stationary time series due to its flexibility and simplicity (Kazemzadeh et al., 2020). The ARIMA model, proposed by Box-Jenkins (1970), is a linear combination of historical errors and historical values of a fixed series (Fanoodi et al., 2019).

In fact, the ARIMA model consists of Auto-Regressive (AR) model and Moving Average (MA) model, and these models are called to be ARIMA (p.d.q). ARIMA models are stated as in Equations 7-9 (Han and Li, 2019).

AR(p) p. degree auto-regressive model;

$$Y_t^* = \mu + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (7)$$

MA(q) q. degree moving average model;

$$Y_t^* = \varepsilon_t - \theta_1 Y_{t-1} + \theta_2 Y_{t-2} + \dots + \theta_p Y_{t-p} \quad (8)$$

ARMA(p, q);

$$Y_t^* = \mu + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 Y_{t-1} + \theta_2 Y_{t-2} + \dots + \theta_p Y_{t-p} \quad (9)$$

In ARIMA models, d refers the degree to which the series are stationary.

Box-Jenkins methodology is implemented in ARIMA models. An appropriate model is determined in the first step, then appropriate model parameters are predicted and finally, a forecast is made by the obtained model. In the definition stage, stationary of the series is checked by drawing a sample Autocorrelation Function (ACF). If the series are not stationary, the series are made stationary by eliciting a difference.

All reasonable ARIMA models are identified by drawing ACF and Partial Autocorrelation Function (PACF) in the stationary series. These appropriate models have residues similar to good, white noise process and make good out-of-sample predictions (Kheirkhah et al., 2013) number of significant coefficients is the most important criterion to be considered for an appropriate model. A model without a significant coefficient may be eliminated as its coefficients do not contribute to actual data (Jamil, 2020). In addition to these, the best model among appropriate ones may be identified according to the criteria of adjusted R^2 , Akaike Criteria (AIC) and Schwartz Bayesci Criteria (SBC).

3.3. Model Efficiencies

If the data used in methods and models are raw material and were previously processed in any other scale, MAPE is appropriate to identify error rates Kankal (2011). Different error measures have been used in the literature to measure the performance of the models offered for forecasting. These are Mean Absolute Error (MAE), MAPE and Root Mean Square Error (RMSE) methods. MAPE was specified in order to compare the efficiency of obtained total renewable energy generation forecasts (Equation 10). The model with the lowest MAPE percent was accepted to be mode efficient.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_o - x_p}{x_o} \right| * 100\% \quad (10)$$

In this equation, x_o represents observed value, x_p refers to the predicted value.

4. RESULTS and DISCUSSION

4.1. Data Set

In this study, the energy amounts, which were obtained by oil and obtained from the energy-related internet site of British Petroleum company, generated by the renewable sources of solar, wind, geothermal and biomass and hydraulic power plants in TWh in Türkiye between 1965-2019 were used BP (2020). As seen in the general renewable energy generation graph for Türkiye (Figure 2), the generation amount increased in Türkiye over the years. The studies in the literature were benefited when specifying the variables in this study. Generation obtained from renewable energy sources is determined by the total generation from solar, wind, biomass, geothermal and hydraulic sources. The statistical structure of the data set used in the study is provided in Table 2.

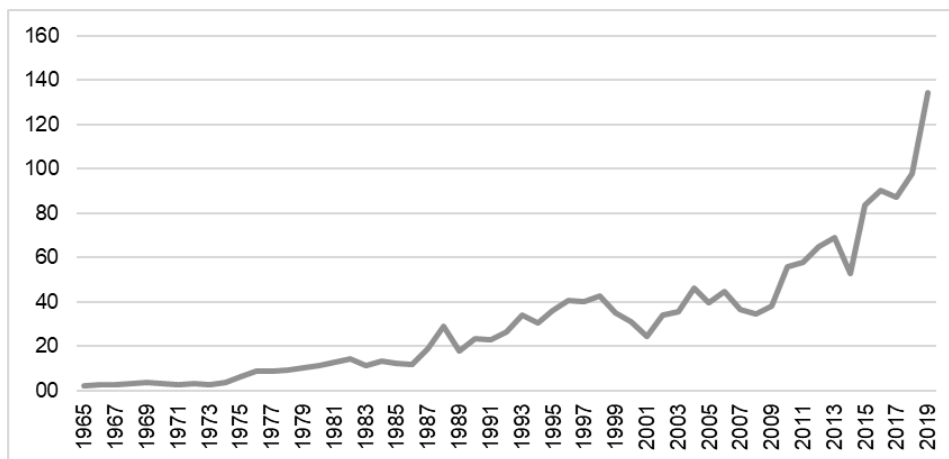


Figure 2. Türkiye 1965-2019 renewable energy production (TWh)

4.2. Artificial Neural Networks Model Result

In this study, nonlinear autoregressive neural networks (NARX) were used in MATLAB program in order to make a forecasting by the ANN method. The data in Annex 1 were used for input and output variables of network. In this study, geothermal and biomass data from renewable energy sources were accepted as a single input variable. Therefore, more data were achieved. There are five input variables in

the study: energy amounts generated by solar, wind, geothermal and biomass and hydraulic sources, and the variable (in TWh) consisting of historical values of energy amounts obtained by total renewable sources. On the other hand, the total amount of renewable energy generation is the output variable as a single variable in TWh.

Table 2. Statistical structure of the data set

Variable Name (TWh)	Mean	Standard Deviation	Minimum	Maximum
Electricity generation from solar energy	0.41	1.82	0.0	10.91958
Electricity generation from wind energy	2.17	5.27	0.0000	21.7040
Electricity generation from Geothermal and Biomass energy	1.07	2.56	0.0000	12.7106
Electricity generation from Hydro energy	27.55	20.97	2.1790	89.1593
Electricity generation from Electricity generation from Hydro energy	31.20	28.32	2.2790	134.4934

In this study, three layers of the ANN model was used. These layers are input layer, hidden layer and output layer. While 70% of the data were used for network training in ANN, the remaining 30% was used for confirmation and test. All these data were normalized using Peer 6 so that all inputs could be scaled within a certain range.

Network training should be provided in the first stage of ANN implementation. The neuron number in the hidden layer revealing the features of network should be specified for network training. The layer number in network is determined by trial according to certain rules. Alternatives of 5, 10,12 and 15 were used for appropriate neuron number in the hidden layer and 2-3-4-5-6 network alternatives were tried for lag lengths. Each model was retrained until the reduction in validation error ended. This process continued until minimum performance values that is mean square error (MSE) was achieved. Tried networks and performance results are provided in Table 3. Levenberg-Marquardt Algorithm (TRAINLM), used most in the literature, was utilised for all neuron numbers. As seen in this table, the best ANN algorithm structure has 5 hidden neurons and 5 delayed multi-layer network structures according to the performance value. This network structure is shown in Figure 3.

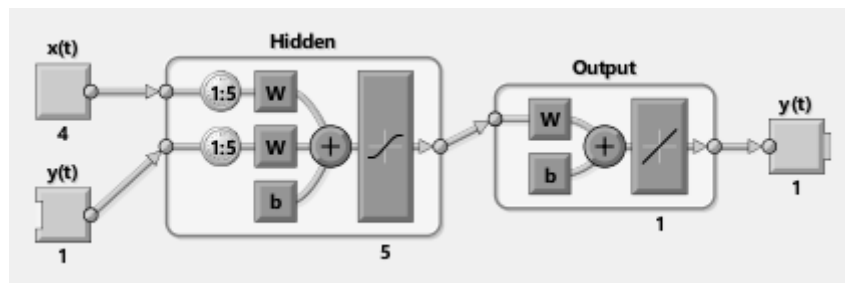


Figure 3. Optimal network structure

Table 3. Comparison of network structures

Network	Network Structure	Delay Number	Activation Function	Hidden Layers	Performans (MSE)	Training R
1	MLP 5-5-1	2	LM	1	0.00200	0.981
2	MLP 5-5-1	3	LM	1	0.00125	0.990
3	MLP 5-5-1	4	LM	1	0.00150	0.977
4	MLP 5-5-1*	5	LM	1	0.00033*	0.996
5	MLP 5-5-1	6	LM	1	0.00418	0.963
6	MLP 5-10-1	2	LM	1	0.00265	0.972
7	MLP 5-10-1	3	LM	1	0.00080	0.994
8	MLP 5-10-1	4	LM	1	0.00111	0.989
9	MLP 5-10-1	5	LM	1	0.00171	0.984
10	MLP 5-10-1	6	LM	1	0.00135	0.986
11	MLP 5-12-1	2	LM	1	0.00110	0.990
12	MLP 5-12-1	3	LM	1	0.00096	0.989
13	MLP 5-12-1	4	LM	1	0.00726	0.990
14	MLP 5-12-1	5	LM	1	0.00102	0.990
15	MLP 5-12-1	6	LM	1	0.00210	0.977
16	MLP 5-15-1	2	LM	1	0.00789	0.924
17	MLP 5-15-1	3	LM	1	0.00072	0.992
18	MLP 5-15-1	4	LM	1	0.00276	0.986
19	MLP 5-15-1	5	LM	1	0.02690	0.926
20	MLP 5-15-1	6	LM	1	0.00149	0.988

LM:Levenberg-Marquardt

In order to transform data in TWh unit, the output and forecast values of the last decade were first subjected to denormalization process by using the network model forecasted, then the MAPE value of the forecasting was determined (Table 9).

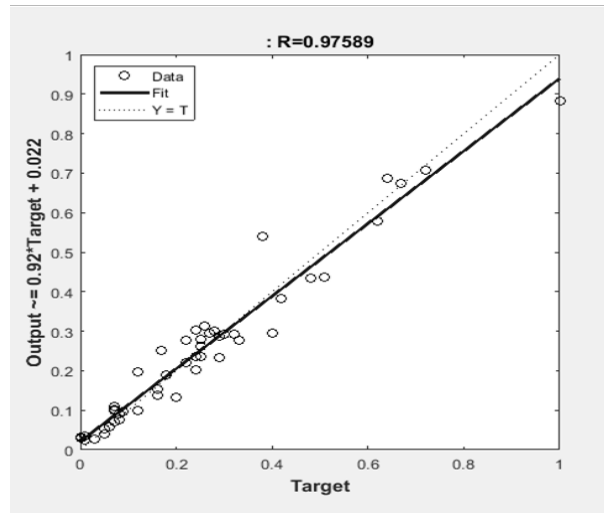


Figure 4. Regression plot between output and target

Reliability level was reviewed to examine the fit between the forecast values obtained in this network structure and real values. This value was determined to be 0.97, which was very high. The predictive power of the model used is clearly seen in the regression graph (Figure 4) between output and target.

4.3. ARIMA Model Result

When making a forecast by the ARIMA model, stationaries of series should be first examined. Augmented Dickey-Fuller test (ADF) was administered for renewable source related energy generation amount series (y) by EViews 10 package program. Renewable energy source data are not generally

stationary, but series may be rendered stationary with very little difference elicit Bhardwaj et al. (2020). As seen in the cologram in Figure 5, it is not stationary at serial level in 24 delayed stationary test.

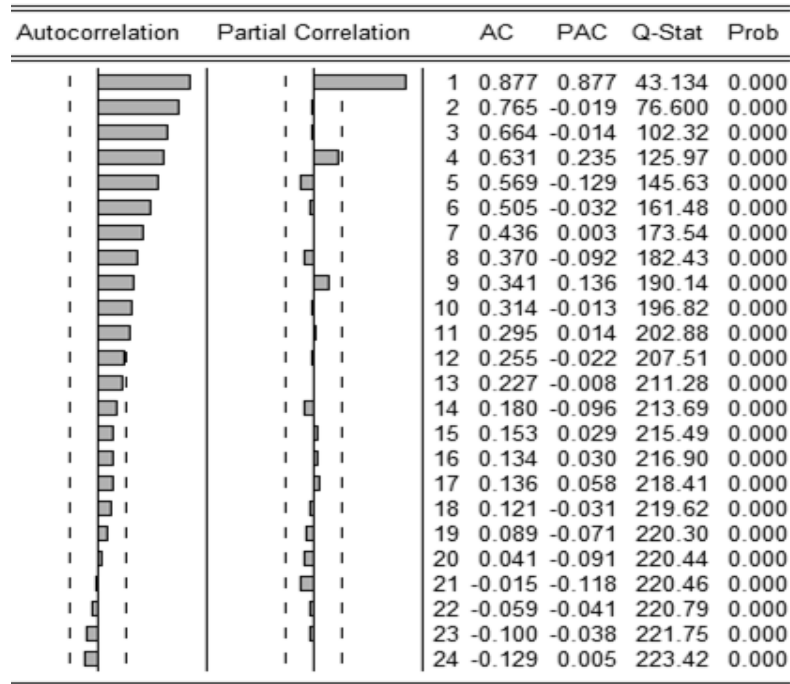


Figure 5. Renewable sourced energy generation data collogram (1965-2019)

Series should be rendered stationary as no prediction may be made in non-stationary series, consisting of a unit root. In order to make the series stationary, the 1st difference of the series was elicited and its stationary was rechecked. The series of which cologram is seen in Figure 6 is the first-degree stationary.

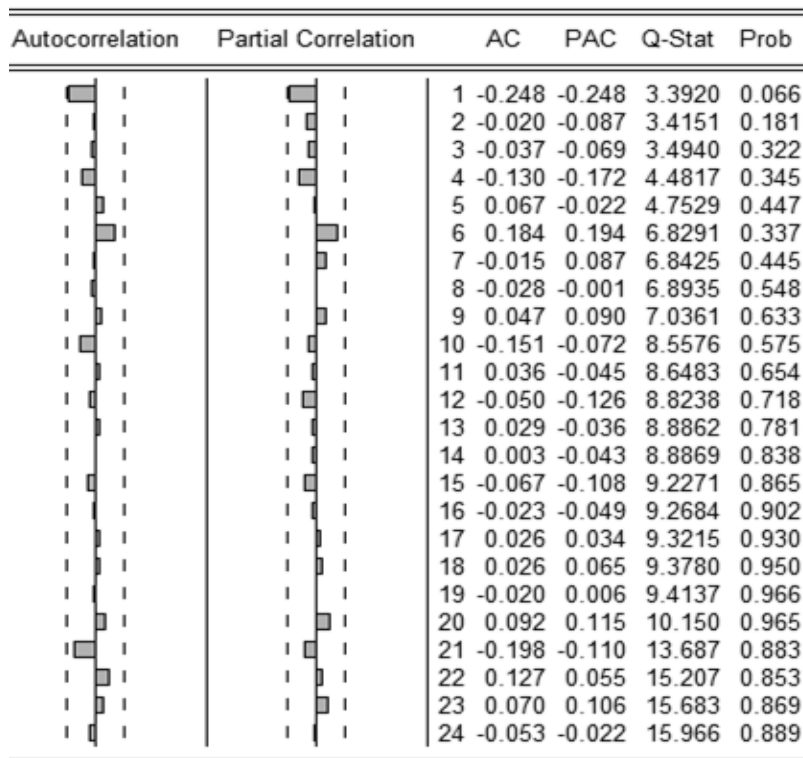


Figure 6. The correlogram of the differenced data (1965-2019)

In Figure 5, the ACF coefficients 1,4 and 6 numbered delays (q values) and PACF coefficients 1,4 and 6 delays (p values) are close to the 95% confidence interval limit. Even if they are not accepted completely, these delays will be added to the model and tried to prevent the error. In this regard, 9 models were examined in ARIMA ((p,d,q) form (d shows the degree to which the series is stationary). The ARIMA models which were found to be statistically significant ($\alpha < 0.05$) in these forecast models are provided in Figure 6. of these models, third model forecast was determined to be the most appropriate model in line with the criteria of adjusted R^2 , AIC and SIC.

The cologram of residues was examined for checking the fit of the third model (Figure 7) . As seen in Table 6, ACF and PACF values are within the confidence interval for all delays, that is all required data and knowledge were included in the model.

Table 4. Comparison of ARIMA models

Model Numbers	ARIMA Model	Significant Number of Parameters	Variance	Variance for residuals(SIGMASQ)	Adjusted R^2	AIC	SIC
1	(1.1.1)	2	6.9600	7.4600	0.0210	6.78	6.93
2	(1.1.4)	2	6.8000	6.7800	0.0510	6.75	6.90
3	(1.1.6)*	2	6.4700	6.6300	0.1400	6.68	6.83
4	(4.1.1)	2	6.8200	6.8600	0.0440	6.76	6.91
5	(4.1.4)	0	7.1300	7.0600	-0.0220	6.82	6.97
6	(4.1.6)	1	6.7500	4.8500	0.0600	6.75	6.90
7	(6.1.1)	2	6.6100	6.7000	0.1050	6.70	6.85
8	(6.1.4)	0	6.8300	5.5600	0.0430	6.79	6.92
9	(6.1.6)	0	6.7900	4.9600	0.0550	6.77	6.92

The ARIMA (1,1,1) model presented results close to the ARIMA(1,1,6) model, considering the AIC and SIC values. Since the long lag values (lag value=6) is not preferred for time series analysis, it has been Table 4 and Table 5.

Table 5. Estimation results of ARIMA(1,1,1) and ARIMA(1,1,6) models

Variable	ARIMA (1,1,1) Model				ARIMA(1,1,6) Model			
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob
c	1.624540	0.663952	2.446774	0.01810	1.740824	1.059558	1.642972	0.10690
AR	0.258833	0.293291	0.882513	0.38190	-0.303596	0.115531	-2.627819	0.01150
MA	-0.537716	0.299045	-1.798109	0.07785	0.475444	0.148028	3.211854	0.00240
SIGMASQ	44.02547	7.464271	5.898161	0.00000	38.68020	6.626366	5+837316	0.00000
<i>R-squared</i>	0.078985	<i>Mean dependent var</i>	1.634310		<i>R-squared</i>	0.190808	<i>Mean dependent var</i>	1.634310
<i>Adjusted R-squared</i>	0.021421	<i>S.D. dependent var</i>	6.981283		<i>Adjusted R-squared</i>	0.140234	<i>S.D. dependent var</i>	6.981283
<i>S.E. of regression</i>	6.906103	<i>Akaike info criterion</i>	6.778624		<i>S.E. of regression</i>	6.473295	<i>Akaike info criterion</i>	6.678491
<i>Sum squared resid</i>	2289.325	<i>Schwarz criterion</i>	6.928720		<i>Sum squared resid</i>	2011.370	<i>Schwarz criterion</i>	6.828.587
<i>Log likelihood</i>	-172.2442	<i>Hannan-Quinn criter</i>	6.836167		<i>Log likelihood</i>	169.6408	<i>Hannan-Quinn criter</i>	6.736.034
<i>F-statistic</i>	1.372137	<i>Dublin-Watson stat</i>	2.014227		<i>F-statistic</i>	3.772821	<i>Dublin-Watson stat</i>	2.045.859
<i>Prob</i>	0.262558				<i>Prob</i>	0.016438		

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.032	-0.032	0.0580	
		2	-0.079	-0.080	0.4117	
		3	-0.024	-0.029	0.4443	0.505
		4	-0.114	-0.123	1.2035	0.548
		5	0.085	0.073	1.6334	0.652
		6	0.039	0.024	1.7249	0.786
		7	-0.003	0.006	1.7256	0.886
		8	0.033	0.029	1.7931	0.938
		9	0.065	0.090	2.0687	0.956
		10	-0.105	-0.096	2.8008	0.946
		11	0.002	0.006	2.8012	0.972
		12	-0.031	-0.040	2.8692	0.984
		13	-0.020	-0.016	2.8990	0.992
		14	-0.110	-0.163	3.7867	0.987
		15	-0.000	0.002	3.7867	0.993
		16	-0.030	-0.065	3.8582	0.996
		17	0.003	-0.007	3.8588	0.998
		18	0.040	0.004	3.9891	0.999
		19	0.020	0.070	4.0236	0.999
		20	0.113	0.116	5.1371	0.999
		21	-0.208	-0.188	9.0520	0.973
		22	0.015	0.046	9.0726	0.982
		23	0.114	0.121	10.331	0.974
		24	-0.005	-0.021	10.333	0.983

Figure 7. Collogram of residuals of the optimal ARIMA model

In order to check the validity of the ARIMA(1,1,6) model determined and to examine its performance, a forecast was made between 2008-2018. The graph of forecasts obtained by this ARIMA model is provided in Figure 8. The regression equation of the model used for prediction is as in Equation 11.

$$\Delta y_t = 1,74 - 0,30y_{t-1} + 0,47\varepsilon_{t-6} + \delta \tag{11}$$

In order to check the validity of the ARIMA(1,1,6) model and to examine its performance, an estimate was made between 2008 and 2018.

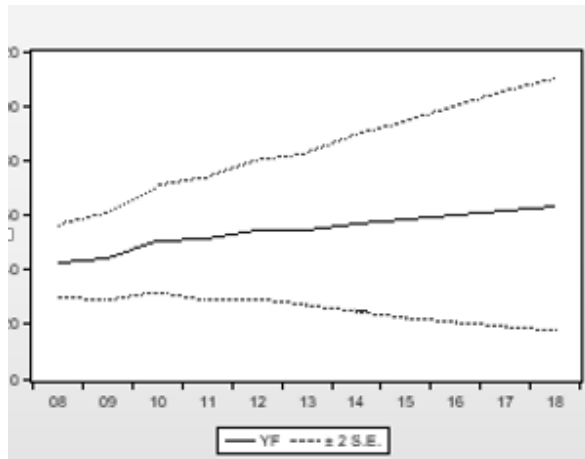


Figure 8. Forecasting with optimal ARIMA model (2008-2018)

In this study, ANN, used to predict the energy to be generated by renewable energy sources and has shown good results in many studies, and ARIMA models, a time series application, were used. MLP 5-5-1 model in ANN networks and ARIMA (1.1.6) models were determined to be appropriate for forecasting. In order to check the validity of the results obtained by the developed model, 11-year data between 2008-2018 were separately predicted by these two models (Table 6).

Table 6. Comparison of prediction models

Years	Actual	ANN Forecasting	ANN Differs%	ARIMA (1.1.6)	ARIMA Differs%
2008	34.421	42.450	-23.3	42.730	-24.1
2009	38.141	41.157	-7.9	44.490	-16.6
2010	55.715	41.383	25.7	50.800	8.8
2011	58.102	52.759	9.2	51.000	12.2
2012	65.221	59.772	8.4	54.430	16.5
2013	69.227	59.915	13.5	54.340	21.5
2014	52.629	73.822	-40.3	56.640	-7.6
2015	83.658	78.754	5.9	58.210	30.4
2016	90.244	91.290	-1.2	60.000	33.5
2017	87.263	93.122	-6.7	61.730	29.3
2018	97.768	95.686	2.1	96.630	1.2
MAPE%		13.1		21.9	

While MAPE value was specified to be approximately 13.1% in the ANN model, this rate was found to be 21.9% in ARIMA model. This variable refers to the deviation rate in the forecasting model. The predictive power of the model is considered to be *excellent* when MAPE rate is 10%<, *good* when MAPE rate is between 10% and 20%, *reasonable* when MAPE rate is between 20% and 50% and *wrong* when MAPE rate is between above 50% Ghalekhondab et al. (2016). As it is seen, ANN showed a quite better performance in this study when compared to the ARIMA model. When previous studies were examined, it was observed that ANN mostly provided better results compared to other methods (Ghalekhondabi et al., 2016). In this study, the results of the model obtained with ANN are more efficient.

The primary goal of this study was to predict the renewable sources related energy generation amount of the Republic of Türkiye until 2023. The renewable sources related energy generation amount of the Republic of Türkiye, forecasted by ANN and ARIMA (1.1.6) models in accordance with 2023 goals, is given in Table 7. Türkiye achieved its 2023 goals regarding the amount of electricity generation from renewable energy in 2019. These results are important for the revision of the 2023 goals.

Table 7. Estimating the amount of energy to be produced (TWh)

Years	ANN Estimation	ARIMA Estimation
2020	115.599	89.451
2021	116.558	75.631
2022	115.176	58.484
2023	127.516	45.457

5. CONCLUSION and POLICY IMPLICATIONS

In this study, the energy amounts, which were obtained from the BP, generated by the renewable sources of solar, wind, geothermal and biomass and hydraulic power plants between 1965-2019 were used as data. According to a statement made by the EPDK (2020) the share of renewable energy sources (including hydraulic) in total licensed electricity generation was 30.67% in 2018 and 42.10% in 2019 (123789 GWh= 123.789 TWh). Total energy amount generated in 2019 was determined to be 134.49 Twh according to the data provided by BP (2020).

Renewable energy sources will promote development in both economic and social respects for the countries which are dependent on outside energy sources like Türkiye. Spending the sources of country for purchasing energy from other countries will be reduced and new sectors for employment will grow by means of RES. Energy dependence makes countries more sensitive against political conflicts. To provide security of energy transmission lines, for example, pipelines in our country, requires an additional effort. In addition to economic, social and political effects of energy dependence, negative effects of fossil resources on the environment is an issue with a high awareness level around the world. In this regard, Türkiye attempts to reduce greenhouse gas emissions in accordance with the international agreements, such as the Madrid protocol to which Türkiye became a party in 2017.

The Republic of Türkiye is exerting effort to extend the use of RES. To increase the share of RES in total energy generation to 30% is one of the 2023 goals of Türkiye. Türkiye is approaching this goal swiftly, and 5000 MW installed solar energy sources, which is a 2023 goals, was even achieved in 2018.

Although our country has been affected negatively by Covid-19 pandemic in economical respect as it is across the world, the duration in the renewable energy support mechanism was extended for 6 months. Such examples are indicators to what extent the expansion of RES is attached importance in our country. Prediction of generation or consumption amounts is of paramount importance for the interests of the country so that renewable energy sources can be planned in accordance with this goal.

Most of the previous studies revealed that energy consumption will increase in the following years. However, this increasing trend can continue for a while (Ghalekhondabi et al., 2016). The global economic slowdown, caused by Covid-19 pandemic and which we do not know for now how long its effect will last, will certainly affect the generation of renewable energy sources. The forecasts made in this study revealed that the generation amount would decrease until 2023 when compared to 2019. This may be explained by the fact that the energy generation amounts by RES do not have a regular course in Türkiye and this cannot be only referred to Türkiye. In Türkiye, there was a natural gas problem in 2009 due to the problem between Russia and Ukraine because of transmission price. Moreover, similar problems were also seen in 2006 when Ukraine-Russia ceased natural gas and in 2007 when Iran cut off natural gas. There was a tension with Russia after the plane crisis occurred in November 2016. All these examples have made the strategy of energy generation by renewable sources one of the most significant issues of the energy policy of the country. As seen in the generation amounts in Appendix different energy strategies developed in different circumstances are in a tendency to increase or decrease from time to time by both own investments and incentives of the state.

In this study, ANN, used to predict the energy to be generated by renewable energy sources and has shown good results in many studies, and ARIMA models, a time series application, were used. MLP 5-5-1 model in ANN networks and ARIMA (1.1.6) models were determined to be appropriate for forecasting. In order to check the validity of the results obtained by the developed model, 11-year data between 2008-2018 were separately predicted by these two models. While MAPE value was specified to be approximately 13.1% in the ANN model, this rate was found to be 21.9% in ARIMA model. This variable refers to the deviation rate in the forecasting model. The predictive power of the model is considered to be "excellent" when MAPE rate is 10%<, "good" when MAPE rate is between 10% and 20%, "reasonable" when MAPE rate is between 20% and 50% and "wrong" when MAPE rate is between above 50% Ghalekhondab et al. (2016). As it is seen, ANN showed a quite better performance in this study when compared to the ARIMA model. When previous studies were examined, it was observed that ANN mostly provided better results compared to other methods (Ghalekhondabi et al. 2016). In this study, the results of the model obtained with ANN are more efficient.

Another goal of this study was to investigate the efficiency of these two models. In this study, the efficiency of the ANN model was found to be higher than the ARIMA model. Their MAPE values are 13.1 % and 21.9 %, respectively. It was also stated in previous studies that ANN models are more efficient in prediction. Kazemzadeh et al. (2020), made an energy demand by ANN and ARIMA models. While MAPE values were determined to be approximately 16% and 19% for two ARIMA models, it was 1.5% for the ANN model. Nair et al. (2017), found out the MAPE values to be 14% and 18%, respectively for ANN and ARIMA models they used to estimate wind speeds of certain regions. Contrary to these results, Kheirhah et al. (2013), argued that ARIMA model provided a better result in their energy demand forecasting models due to its dynamic structure (MAPE = 0.103).

The primary goal of this study was to predict the renewable sources related energy generation amount of the Republic of Türkiye until 2023. The renewable sources related energy generation amount of the Republic of Türkiye, forecasted by ANN and ARIMA (1.1.6) models in accordance with 2023 goals. Türkiye achieved its 2023 goals regarding the amount of electricity generation from renewable energy in 2019. These results are important for the revision of the 2023 goals.

The prediction of hydraulic related energy generation amount of Türkiye performed by Uzlu et al. (2014), through the ANN model has been between 69.1 and 76.5 TWh for 2021. In addition, Şahin (2020), reported the amount of renewable energy production of Türkiye in 2023 to be 141.0–150.8 (MAPE 7,1) TWh, and 57.3–69.7 TWh (MAPE 9.1) amount of this has been forecasted to be generated by hydraulic energy generation. Şahin (2018), has predicted that 109.1 TWh energy would be generated by hydraulic sources, 5.8 TWh by geothermal sources and 50.63 TWh by wind-related sources in 2023.

In this study, when the data related to renewable energy sources were obtained, hydraulic sources were not included in, and this type of source has the biggest share in energy generation by RES sources. In Türkiye, only the hydraulic energy generation facilities with a river type or reservoir area of less than fifteen square kilometres are considered renewable among all hydraulic resources. However, there is no data regarding the generation amount by hydraulic sources considered within the renewable class between 1965-2019, revealing the separation of generation amounts. The generation amount obtained by hydraulic

sources is included in this study as hydraulic sources are domestic and there is no external dependence on main source supply. In further studies, forecasting models can be developed by utilising the variables, such as wind speed, sunshine duration, water temperature of the geothermal resource, which are determinant of generation amount of each renewable energy source. What is more, generation amount of each source is of importance as they may be used as a guide by policymakers, especially regarding energy investment planning.

The study has some limitations. Firstly, There are many different forecasting methods, excluding the ones used in this study. There are many various determinants of energy generation amount by renewable sources, and the technique selected depends on these different determinants. For this reason, predictions may also be carried out by different forecasting methods. In addition, that the dataset cannot be updated until the article is published. Data revision was not preferred as there would be a break between post-corona data and pre- Covid19 data. Analyzes for post-Covid19 period can be renewed and compared.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was reported by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

REFERENCES

- Abdirassilov, Z., Śladkowski, A. (2018). "Application of Artificial Neural Networks for Shortterm Prediction of Container Train Flows in Direction of China-Europe via Kazakhstan", *Transport Problems*, 13(4): 103-113.
- Ahmad Tzhang, H., Yana, B. (2020). "A Review on Renewable Energy and Electricity Requirement Forecasting Models for Smart Grid and Buildings", *Sustainable Cities and Society*, 55, 102052.
- Alkan, O., Albayrak, O.K. (2020), "Ranking of Renewable Energy Sources for Regions in Turkey by Fuzzy Entropy Based Fuzzy COPRAS and Fuzzy MULTIMOORA", *Renewable Energy*, 162, 712-726. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.08.062>.
- Araujo da Silva Junior, J.C., Michaelsen, A.L., Scalvi, M., Pacheco, M.T.G. (2018). "Forecast of Electric Energy Generation Potential from Swine Manure in Santa Catarina, Brazil, Environment", *Development and Sustainability*, 22 (3): 2305-2319.
- Asensio, J.J., Darado, F., Duran, J. (2020). "Energy Demand Forecasting Using Deep Learning: Applications for the French Grid", *Energies*, 13: 2242-2257.
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M. (1976). *Time series analysis. Forecasting and Controls*. Revised edition. San Francisco: Holden Day.
- Bhardwaj, S., Chandrasekhar, E., Padiyar, P., Gadre, V.M. (2020). "A Comparative Study of Wavelet-Based ANN and Classical Techniques for Geophysical Time-Series Forecasting", *Computers & Geosciences*, 138, 104461.
- BP (2020). "Statistical Review of World Energy 2020", <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>, (Access Date: 01.10.2020)
- Broadny, J., Tutak, M., Saki, S.A. (2020). "Forecasting the Structure of Energy Production from Renewable Energy Sources and Biofuels in Poland", *Energies*, 13, 2539-2570.
- Cengiz, C., Manga, M. (2021). "The Causal Linkages between Renewable Energy Consumption, Economic Growth, Oil Prices and CO2 Emissions in Selected OECD Countries", *Verimlilik Dergisi*, 3, 165-183.
- Cinar, D., Kayakutlu, G. (2007). "Forecasting Production of Renewable Energy Using Cognitive Mapping and Artificial Neural Networks", *19th International Conference on Production Research, Proceedings*, Valparaiso, Chile
- Ediger, V.S., Akar, S. (2007). "ARIMA Forecasting of Primary Energy Demand by Fuel in Turkey", *Energy Policy*, 35, 1701-1708.
- EPDK (2020). "Electricity Market Annual Sector Report", <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24/elektrikyillik-se%22ktor-raporu>, (Access Date: 20.12.2022).
- Erdođdu, E. (2007). "Electricity Demand Analysis Using Cointegration and ARIMA Modelling: A Case Study of Turkey", *Energy Policy*, 35(2), 1129-1146.
- Fanoodi, B., Malmir, B., Jahantigh, F.F. (2019). "Reducing Demand Uncertainty in the Platelet Supply Chain Through Artificial Neural Networks and ARIMA Models", *Computers in Biology and Medicine*, 113, 103415.
- Ghalekhondabi, I., Ardjmand, E., Weckman, G.R., Young, W.A. (2016). "An Overview of Energy Demand Forecasting Methods Published in 2005–2015", *Energy Systems*, 8(2), 411-447.
- Han, X., Li, R. (2019). "Comparison of Forecasting Energy Consumption in East Africa Using the MGM, NMGM, MGM-ARIMA, and NMGM-ARIMA Model", *Energies*, 12, 3278.
- Hu, H., Wang, L., Lv, S.X. (2020), "Forecasting Energy Consumption and Wind Power Generation Using Deep Echo State Network", *Renewable Energy*, 154, 598-613.
- Hu, Z., Ma, J., Yang, L., Yao, L., Pang, M. (2019), "Monthly Electricity Demand Forecasting Using Empirical Mode Decomposition-Based State Space Model", *Energy & Environment*, 30(7), 1-19.
- Jahanshahi, A., Jahanianfard, D., Mostafaie, A., Kamali, M. (2019). "An Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) Model for Prediction of Energy Consumption by Household Sector in Euro Area", *AIMS Energy*, 7(2), 151-164.
- Jamil, R. (2020). "Hydroelectricity Consumption Forecast for Pakistan Using ARIMA Modeling and Supply-Demand Analysis for the Year 2030", *Renewable Energy*, 54, 1-10.
- Jasinski, T., Marszał, A., Bochenek, A., (2016). "Selected Applications Artificial Neural Networks on the Currency Market, Forward Market and in Spatial Economy"; *Politechnika Lodzka, Lodz, Poland*.
- Kankal, M., Akpınar, A., Komurcu, M.I., Ozsahin, T.S. (2011). "Modeling and Forecasting of Turkey's Energy Consumption Using Socio-Economic and Demographic Variables", *Applied Energy*, 88, 1927-1939.
- Kazemzadeh, M.R., Amjadian, A., Amraee, T. (2020). "A Hybrid Data Mining Driven Algorithm for Long Term Electric Peak Load And Energy Demand Forecasting", *Energy*, 204, 117948.

- Kheirkhah, A., Azadeh, A., Saberi, M., Azaron, A., Shakouri H. (2013). "Improved Estimation of Electricity Demand Function by Using of Artificial Neural Network, Principal Component Analysis and Data Envelopment Analysis". *Computers & Industrial Engineering*, 64, 425-441.
- Mason, K., Duggan, J., Howley, E.. (2018). "Forecasting Energy Demand, Wind Generation and Carbon Dioxide Emissions in Ireland Using Evolutionary Neural Networks", *Energy*, 155, 705-720.
- Naimoğlu, M., Akal, M. (2022). "Yükselen Ekonomilerde Enerji Etkinliğini Arz Yanlı Etkileyen Faktörler", *Verimlilik Dergisi*, 1, 16-31.
- Nair, K.R., Vanitha, V., Jisma, M. (2017). "Forecasting of Wind Speed Using ANN, ARIMA and Hybrid Models", *2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT)*. 6-7 July 2017, Kannur, Kerala, India.
- Oliveira, E.M., Oliveira, F.L.C. (2018). "Forecasting Mid-Long Term Electric Energy Consumption through Bagging ARIMA and Exponential Smoothing Methods", *Energy*, 144, 776-788.
- Şahin, U. (2018). "Forecasting of Turkey's Electricity Generation and CO₂ Emissions in Estimating Capacity Factor", *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(1), 56-65.
- Şahin, U. (2020). "Projections of Turkey's Electricity Generation and Installed Capacity from Total Renewable and Hydro Energy Using Fractional Nonlinear Grey Bernoulli Model and Its Reduced Forms", *Sustainable Production and Consumption*, 23, 52-62.
- Shireena, T., Shaob, C., Wanga, H., Lic, J., Zhangd, X., Lie, M. (2018). "Iterative Multi-Task Learning for Time-Series Modeling of Solar Panel PV Outputs", *Applied Energy*, 212, 654-662.
- Sozen, A., Arcaklioglu, E. (2007). "Prospects for Future Projections of the Basic Energy Sources in Turkey", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 2, 183-201.
- Suganthia, L., Samuel, A.A. (2012). "Energy Models for Demand Forecasting-A Review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1223-1240.
- Uzlu, E., Akpınar, A., Öztürk, H.T., Nacar, S., Kankal, M. (2014). "Estimates of Hydroelectric Generation Using Neural Networks with the Artificial Bee Colony Algorithm for Turkey", *Energy*, 69, 638-647.
- Wang, Z.X., Wang, Z.W., Li, Q. (2020). "Forecasting the Industrial Solar Energy Consumption Using a Novel Seasonal GM(1,1) Model with Dynamic Seasonal Adjustment Factors", *Energy*, 200, 117460.
- Wei, Y., Chen, M.C. (2012). "Forecasting the Short-Term Metro Passenger Flow with Empirical Mode Decomposition and Neural Networks", *Transportation Research Part C*, 21, 148-162.
- YEKDEM (2020). "Renewable Energy Resources Support Mechanism", <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-0-122/yenilenebilir-enerji-kaynaklari-destekleme-mekanizmasi-yekdem>, (Access Date: 14.12. 2020).
- Zolfani, S.H., Saparuskas, J. (2013). "New Application of SWARA Method in Prioritizing Sustainability Assessment Indicators of Energy System", *Engineering Economics*, 24(5), 408-414.

APPENDIX

Table A1. Dataset

Years	<i>Ç-G5</i> <i>Produced Amount of Energy from the Renewable and Hydro - TWh</i>	<i>G1</i> <i>Produced Amount of Energy from the Solar - TWh</i>	<i>G2</i> <i>Produced Amount of Energy from the Wind - TWh</i>	<i>G3</i> <i>Produced Amount of Energy from the Geothermal and Biomass- TWh</i>	<i>G4</i> <i>Produced Amount of Energy from the Hydro - TWh</i>
1965	2.2790	0.0	0.0000	0.1000	2.1790
1966	2.4601	0.0	0.0000	0.1220	2.3381
1967	2.5548	0.0	0.0000	0.1730	2.3818
1968	3.3538	0.0	0.0000	0.1790	3.1748
1969	3.6229	0.0	0.0000	0.1780	3.4449
1970	3.1988	0.0	0.0000	0.1660	3.0328
1971	2.7722	0.0	0.0000	0.1620	2.6102
1972	3.3792	0.0	0.0000	0.1750	3.2042
1973	2.8004	0.0	0.0000	0.1970	2.6034
1974	3.5628	0.0	0.0000	0.2070	3.3558
1975	6.1236	0.0	0.0000	0.2200	5.9036
1976	8.5358	0.0	0.0000	0.1610	8.3748
1977	8.7903	0.0	0.0000	0.2180	8.5723
1978	9.4718	0.0	0.0000	0.1370	9.3348
1979	10.4339	0.0	0.0000	0.1450	10.2889
1980	11.4842	0.0	0.0000	0.1360	11.3482
1981	12.7261	0.0	0.0000	0.1100	12.6161
1982	14.1667	0.0	0.0000	0.0000	14.1667
1983	11.3427	0.0	0.0000	0.0000	11.3427
1984	13.4484	0.0	0.0000	0.0221	13.4263
1985	12.0509	0.0	0.0000	0.0060	12.0449
1986	11.9162	0.0	0.0000	0.0436	11.8726
1987	18.6757	0.0	0.0000	0.0579	18.6178
1988	29.0180	0.0	0.0000	0.0684	28.9496
1989	18.0022	0.0	0.0000	0.0626	17.9396
1990	23.2277	0.0	0.0000	0.0801	23.1476
1991	22.8030	0.0	0.0000	0.1197	22.6833
1992	26.6847	0.0	0.0000	0.1167	26.5680
1993	34.0849	0.0	0.0000	0.1340	33.9509
1994	30.7159	0.0	0.0000	0.1300	30.5859
1995	35.8492	0.0	0.0000	0.3083	35.5409
1996	40.7343	0.0	0.0000	0.2591	40.4752
1997	40.1929	0.0	0.0000	0.3768	39.8161
1998	42.5605	0.0	0.0055	0.3260	42.2290
1999	34.9119	0.0	0.0205	0.2139	34.6775
2000	31.1534	0.0	0.0334	0.2415	30.8785
2001	24.3459	0.0	0.0624	0.2736	24.0099
2002	33.9664	0.0	0.0480	0.2346	33.6838
2003	35.5585	0.0	0.0614	0.1676	35.3295
2004	46.3106	0.0	0.0577	0.1692	46.0837
2005	39.7479	0.0	0.0590	0.1284	39.5605

Table A1. (Continued)

<i>Years</i>	<i>Produced Amount of Energy from the Renewable and Hydro -TWh</i>	<i>Produced Amount of Energy from the Solar - TWh</i>	<i>Produced Amount of Energy from the Wind - TWh</i>	<i>Produced Amount of Energy from the Geothermal and Biomass- TWh</i>	<i>Produced Amount of Energy from the Hydro -</i>
2006	44.5226	0.0	0.1305	0.1479	44.2442
2007	36.4568	0.0	0.3511	0.2549	35.8508
2008	34.4210	0.0	0.8465	0.3047	33.2698
2009	38.1412	0.0	1.4954	0.6874	35.9584
2010	55.7154	0.00240	2.9164	1.0011	51.7955
2011	58.1025	0.00286	4.7239	1.0371	52.3386
2012	65.2213	0.00426	5.8608	1.4913	57.8650
2013	69.2269	0.00678	7.5575	2.2422	59.4205
2014	52.6287	0.01740	8.5201	3.4466	40.6447
2015	83.6580	0.19412	11.6525	4.6655	67.1458
2016	90.2443	1.04310	15.5171	6.4532	67.2309
2017	87.2631	2.88930	17.9038	8.2515	58.2185
2018	97.7680	7.79980	19.9492	10.0805	59.9385
2019	134.4934	10.91958	21.7040	12.7106	89.1593

Kalkınma ve Yatırım Bankalarının Performanslarının MULTIMOORA Yöntemiyle Karşılaştırılması: Türkiye Örneği

Asuman Erben YAVUZ¹, Adalet HAZAR², Şenol BABUŞCU³

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada Türk Bankacılık Sektöründe faaliyette bulunan 11 kalkınma ve yatırım bankasının sermaye sahipliği de dikkate alınarak performanslarının 2010-2020 tarihleri arası verileriyle karşılaştırılması hedeflenmektedir. Gerek ulusal gerekse gerekse uluslararası literatürde kalkınma ve yatırım bankalarının sermaye sahipliğinin dikkate alındığı performans ölçme ve karşılaştırma çalışmalarına rastlanılmamış olup bu anlamda çalışmanın literatüre katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

Yöntem: Bankaların performans ve verimlilikleri, 17 adet rasyo 7 ayrı grup altında toplanarak Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden MULTIMOORA yöntemi ile analiz edilmiştir.

Bulgular: Analiz sonuçlarına göre Türkiye'de faaliyet gösteren kalkınma ve yatırım bankalarının performanslarının istikrarlı bir seyir izlemediği belirlenmiştir. Ancak incelenen dönemler itibarıyla Türk Eximbank ve Bank of America Yatırım Bank A.Ş.'nin ilk üçte; Pasha Yatırım Bankası A.Ş. ve Nurol Yatırım Bankası A.Ş.'nin son üçte yer aldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Özgünlük: Oldukça önemli bir konuma sahip kalkınma ve yatırım bankalarının belirli dönemler itibarıyla performanslarının ölçülmesi ve verimliliğinin değerlendirilmesi banka hissedarları, yönetimi ve düzenleyici otoriteler için önem arz etmektedir. Türkiye'de bu bankacılık türünün performans ölçümünün yapıldığı çok az çalışma bulunmakla beraber, bu çalışma bankaları sermaye sahipliğine göre ve MULTIMOORA yöntemi ile analiz eden ilk çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: Kalkınma ve Yatırım Bankaları, MULTIMOORA Yöntemi, Performans Ölçümü.

JEL Kodları: G24, C02, P17.

Comparison of Performances of Development and Investment Banks with MULTIMOORA Method: Türkiye Example

ABSTRACT

Purpose: This study aims to compare the performances of 11 development and investment banks operating in the Turkish Banking Sector by taking into account their capital ownership with the data between 2010 and 2020. In both national and international literature, there are no performance measurement and comparison studies that take into account the capital ownership of development and investment banks, and in this sense, the study aims to contribute to the literature.

Methodology: The performance and efficiency of the banks were analyzed by grouping 17 ratios under 7 different groups and using the MULTIMOORA method, one of the Multi-Criteria Decision Making methods.

Findings: According to the results of the analysis, it was determined that the performance of development and investment banks operating in Türkiye did not follow a stable course. However, it was concluded that Turk Eximbank and Bank of America Yatırım Bank A.Ş. were in the top three, while Pasha Yatırım Bankası A.Ş. and Nurol Yatırım Bankası A.Ş. were in the bottom three for the periods analyzed.

Originality: Measuring the performance and evaluating the efficiency of development and investment banks, which have a very important position, is important for bank shareholders, management and regulatory authorities. Although there are very few studies in Türkiye that measure the performance of this type of banking, this is the first study that analyzes banks according to capital ownership and with the MULTIMOORA method.

Keywords: Development and Investment Banks, MULTIMOORA Method, Performance Measurement.

JEL Codes: G24, C02, P17.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Büro Yönetimi ve Yönetici Asistanlığı Programı, Ankara, Türkiye, aeyavuz@baskent.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1934-5055 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Prof. Dr., Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Finans ve Bankacılık, Ankara, Türkiye, ahazar@baskent.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1483-8360.

³ Prof. Dr., Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Finans ve Bankacılık, Ankara, Türkiye, babuscu@baskent.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2870-6358.

EXTENDED ABSTRACT

Although development and investment banks are similar and complementary banking types in terms of their legal structures, they differ from each other in terms of their fields of activity and functions. While development banks generally provide funding to investors in developing countries in line with development goals, investment banks provide intermediary and advisory services in the utilization of idle funds in developed countries. However, both types of banks are important for economic growth and social development. Measuring and evaluating the performance of financial institutions with such an important position is important for bank shareholders, management and regulatory authorities.

It is known that the efficient use of development and investment banks in a country provides great benefits to the economy of that country. However, in some existing studies, it has been determined that the selected performance and efficiency ratios can only be used in commercial banks and that the use of these ratios in development and investment banks due to their structure does not yield significant results. In this study, the selected ratios were selected and calculated in accordance with the development and investment banking type. In this sense, the study is considered to be an important indicator for development and investment banks in the Turkish banking system to see their efficiency and performance.

In the study, 17 ratios of 11 development and investment banks (two with public capital, five with private capital and four with foreign capital) were selected. These ratios were obtained from the statistical reports section of the website of the Banks Association of Türkiye. While selecting these ratios, the ratios that are most monitored by the BRSA in order for the banks to continue their activities and that are important in the banking sector were included. In the analysis, 17 ratios are grouped into 7 categories: capital adequacy, asset quality, liquidity, profitability, income-expense structure, sector shares and off-balance sheet structure. The data used in the analysis covers the period 2010-2020 and it is aimed to compare the performance of development and investment banks between these periods. In addition, MULTIMOORA analysis method, one of the Multi-Criteria Decision Making methods, was used in the study.

According to the results of the analysis, it is seen that the development and investment banks operating in Türkiye do not follow a stable course in terms of periods. However, considering that the analysis results of the banks analyzed both by capital ownership and in aggregate are very close, it can be concluded that the method used is consistent and reliable. According to the findings, state-owned Turk Eximbank is the best performing bank in both analyses. On the other hand, Bank of America Investment Bank A.Ş. is the best performing foreign capital bank. Bank of America Investment Bank has entered the top three in the performance ranking especially since 2013 and has maintained this level until today. Among the privately owned banks, Sınai ve Kalkınma Bankası ranks first when analyzed by capital ownership and third when analyzed as a group. Pasha Yatırım Bankası A.Ş., one of the foreign capital banks, and Nurol Yatırım Bankası A.Ş., one of the private capital banks, had the weakest performance in both analyses.

The limitation of this study is the small number of development and investment banks operating in Türkiye and the fact that the total share of these banks is 6.8% of the banking sector. In future studies, it may be possible to make comparisons by using different performance measurement techniques.

1.GİRİŞ

Kalkınma bankalarına ilişkin evrensel olarak kabul edilmiş bir tanım olmasa da kalkınma bankaları genellikle olumlu sonuçları olduğu düşünülen projelere uzun vadeli sermaye finansmanı sunmakla ilgilenen finansal kurumlar olarak tanımlanır (Yeyati ve diğerleri, 2004). De Olloqui (2013) ise kalkınma bankalarını, belirli ekonomik faaliyetleri ve sektörleri finanse ederek sosyoekonomik kalkınmayı teşvik eden finans kurumları olarak tanımlamıştır.

Kamu kalkınma bankalarının tarihsel sürecine bakıldığında birkaç farklı aşamayı tanımlamak mümkündür. Her aşama, o sırada hâkim olan ekonomik kalkınma teorileriyle ilişkili olup kalkınma bankalarının önemini göstermektedir.

19. yüzyılda Almanya, Japonya, Fransa ve Hollanda gibi birçok ülke hızlı bir sanayileşme sürecine girmiş ve bu dönemde birçok riskli projeye kalkınma bankaları aracılığıyla uzun vadeli krediler verilmiştir (Öztürk ve diğerleri, 2010). II. Dünya Savaşı'ndan sonra yeniden yapılanma talepleri, devlet destekli başka bir finansal kurum dalgasını tetiklemiştir. Bunlara Alman KfW ve Japonya Kalkınma Bankası iki önemli örnektir. Bu finansal kuruluşlar başlangıçta yeniden yapılanma için dış fonlar kanalize etmeyi amaçlasalar da daha sonra uzun vadeli finansman sağlayan kalkınma bankalarına dönüşmüşlerdir (Yeyati ve diğerleri, 2004).

1950'lerde ve 1960'larda Arthur Lewis, Gunnar Myrdal, Paul Rosentein-Rodan, Walter Rostow, Alexander Gerschenkron gibi ekonomistlerin büyüme teorileri ve modelleri, yatırımın önemini vurgulamış ve yüksek öncelikli ekonomik sektörlerde doğrudan devlet müdahalesini savunmuşlardır (Petroviç, 2013). Bu teoriler, kalkınma bankaları da dahil olmak üzere özel sermayeli finans kurumlarının, hedeflenen endüstrilere gerekli sermayeyi kanalize etme ihtiyacının altını çizmiştir (Bruck, 1998; De Olloqui, 2013). Hükümetler büyük ölçüde bu görüşe uygun olarak hareket etmişler ve 1970'lere kadar, devlet, sanayi ülkelerindeki en büyük bankaların varlıklarının yüzde 40'ına ve gelişmekte olan ülkelerdeki en büyük bankaların varlıklarının yüzde 65'ine sahip duruma gelmiştir (Yeyati ve diğerleri, 2004).

1980'lerin ve 1990'ların sonlarına gelindiğinde neo-liberal ekonomi politikasının ardından, devletin ekonomideki rolü hakkındaki görüşlerde değişiklikler oluşmuş, yeni görüşe göre piyasaların serbestleştirilmesine, özelleştirilmesine ve devletin ekonomideki rolünün kısıtlanmasına yönelik ekonomi politikaları benimsenmeye başlanmıştır. Bu durum birçok ülkede kamu bankalarının özelleştirilmesine ve tasfiye edilmesine yol açarak kalkınma bankalarının performanslarıyla ilgili endişeleri ortaya çıkarmıştır (Gutierrez ve diğerleri, 2011). Bu endişelerin sebebi ise yüksek derecede siyasi müdahale nedeniyle kamu kalkınma bankalarının mevcut kıt kaynakların verimsiz bir şekilde dağılımına yol açtığı düşüncesidir. Sonuç olarak, Dünya'da 1987'den 2003'e kadar 250'den fazla kamu kalkınma bankası özelleştirilmiştir (Yeyati ve diğerleri, 2004). Örneğin Latin Amerika'da, bu süreç, Latin Amerika Kalkınma Finansmanı Kurumları Birliği'nin (ALIDE) üyelerinin 1988'de 171 kurumdan 2003'te 73'e kadar düşmesine neden olmuştur (De Olloqui, 2013).

Bununla birlikte, 2000'lerin başında uluslararası finansal serbestleştirilmeyi izleyen mali krizler, birçok ülkede devletin ekonomideki rolünü yeniden düşünmeye neden olmuştur. Finansal serbestleşme ve beraberindeki uluslararası sermaye akımları, sık sık yaşanan mali krizler ve finansal sektörün üretken sektörden ayrılması ile suçlanmıştır. Böylece, uluslararası sermaye piyasalarını şekillendirmede neo-liberal politikaların yaygınlığı sorgulanmıştır (Öztürk ve diğerleri, 2010). Böyle bir bakış açısıyla Amsden (1989), Güney Kore'nin hızlı ekonomik büyümesini analiz etmiş ve hükümetin sanayileşmeye kapsamlı müdahalesi ile karşılaştırmalı avantajlar yarattığı sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca, Dünya Bankası (1997) raporunda devletin ekonomideki rolünün gözden geçirilmesi gereğini savunmuştur. Böylelikle kamu kalkınma bankaları, yeniden ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu yenilenen ilgi sadece Afrika, Asya ve Latin Amerika gibi farklı bölgelerin gelişmekte olan ülkelerinde değil, aynı zamanda Avrupa ve Kuzey Amerika'da da göze çarpmaktadır. Özellikle kamu kalkınma bankalarından 2008 yılında başlayan küresel kriz sırasında gerçekleştirmeleri istenen konjonktürel rol nedeniyle 2009 yılında dünya çapında kamu kalkınma bankalarının kredi portföyü yüzde 36 oranında artmıştır. Aynı dönemde ticari bankaların kredi portföyü ise sadece yüzde 10 olarak gerçekleşmiştir (De Luna-Martínez ve Vicente, 2012).

Yatırım bankaları menkul kıymetlerin hem alım hem de satım tarafında hareket ederek, ekonomik kuruluşlara borç ve hisse senedi menkul kıymetleri yoluyla finansman akışı sağlamada yardımcı olan banka türüdür (Koch ve MacDonald, 2009). Temel işlevleri, farklı endüstrilerdeki projeler için finansman kaynakları sağlamaktır. Daha spesifik olarak, "sermaye toplama, menkul kıymet alım satımı, şirket birleşmeleri ve devralmalarına ilişkin danışmanlık" faaliyetlerinden oluşur (Fleuriet, 2009). Bu bankacılık türünün tarihsel gelişimine bakıldığında kalkınma bankacılığında olduğu gibi inişli çıkışlı dönemler yaşadığı görülmektedir.

Büyük depresyondan önce yatırım bankacılığı altın çağlarını yaşamaktaydı. JP Morgan ve National City Bank finansal sistemi etkileyen iki büyük yatırım bankası idi. Özellikle Amerika'da 1907 yılında yaşanan

Banker Paniği veya Knickerbocker Krizi olarak bilinen mali kriz sırasında JP Morgan finansal piyasaları rahatlatarak krizin daha da büyümesini engelleyen önemli bir görev üstlenmiştir. Ancak 1929 yılında başlayan ve etkileri tüm Dünya'yı saran Büyük Buhran Krizi esnasında yatırım bankalarının gücü piyasaları sakinleştirmeye yetmemiştir. Büyük Buhran sırasında Dünya bankacılık sistemi yaklaşık %40 küçülürken bu küçülmeden yatırım bankaları da payını almıştır. Yatırım bankalarının rolleri 19. yüzyılın ortalarından 1970'lerin başına kadar pek değişmemiştir. Roller, temel olarak finansal piyasalardaki ihraççılar ve yatırımcılar arasındaki aracılık işlevi olmuştur. 1970'lerde, ilk ticaret borsalarının ortaya çıkması ile birlikte banka birleşme ve satın alma faaliyetleri başlayarak modern yatırım bankacılığının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. 1987 yılından 2007 yılına kadar yatırım bankaları en popüler dönemlerini yaşamış ve gelişerek aktif kârlılık (ROE) ortalamalarını %16'lara çıkarmışlardır (Dünya Bankası, 2008). Ancak bu büyüme 2008 Mali Krizi esnasında Lehman Brothers yatırım bankasının iflas etmesine, Bear Stearns ve Merrill Lynch'in satılmasına, Goldman Sachs ve Morgan Stanley'in Federal Rezerv desteği elde edebilmek için mevduat bankacılığı tüzüğüne geçmesine sebep olmuştur (Akbulak, 2021).

Türkiye'de kalkınma ve yatırım bankalarının kurulması düşüncesi Dünya'daki diğer ülkelerle paralel olarak İkinci Dünya Savaşı sonrasında ortaya çıkmıştır. Savaş sonrası Türkiye'nin kalkınma ve sanayileşme çabaları yatırım finansmanı sorununu ortaya çıkarmış ve bu amaçla özel ihtisas alanlı mali kurumların kurulması ihtiyacını doğurmuştur. Böylelikle 1950 yılında Dünya Bankası, T.C. Merkez Bankası ve bazı ticari bankaların desteği ile ülkenin ilk kalkınma bankası olan Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB) kurulmuştur. 160'lı yıllara gelindiğinde ise ekonomide farklı sektörler için özel orta ve uzun vadeli fon sağlama amacıyla kalkınma ve yatırım bankalarının kurulduğu görülmektedir. Ancak 1980'li yıllara gelindiğinde bu bankaların sektördeki diğer ticari bankalara göre daha ucuz kaynak bulma avantajlarını iyi kullanamadığı ve bankacılık sistemi içerisinde aktif paylarının giderek azaldığı görülmektedir. Bunun en büyük sebebi kaynaklarını etkin ve verimli plase edememeleridir. 1990'lı yılların başında ise sermaye piyasalarının gelişebilmesi için yapılan düzenlemeler, bu bankacılık türünün daha etkin bir biçimde uygulanabilmesine olanak sağlamıştır (Anık, 2019:8).

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Son yirmi yılda bankacılık sektörü faaliyetleri dünya çapında büyük dönüşümler yaşamıştır. Hem dış hem de iç faktörler bankaların yapısını ve performansını etkilemiştir. Pek çok ülkede gözlemlenen banka aracılığının ortadan kaldırılmasına yönelik artan eğilime rağmen, bankaların rolü genel olarak ekonomik faaliyetin ve özellikle piyasaların farklı kesimlerinin finansmanında merkezi olmaya devam etmektedir. Sağlam ve kârlı bir bankacılık sektörü, olumsuz şoklara daha iyi dayanabilir ve finansal sistemin istikrarına katkıda bulunabilir. Bu nedenle, banka performansının belirleyicileri, akademik araştırmaların yanı sıra banka yönetimi, finansal piyasalar ve banka denetçilerinin ilgisini çekmiştir.

Performans analizleri ile ilgili literatür taraması yapılırken birçok farklı analiz yönteminin kullanıldığı görülmüştür. Ancak özellikle Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yönteminin birçok farklı sektörde sıralama yapma amacıyla tercih edildiği tespit edilmiştir. Aşağıda öncelikle ÇKKV yöntemleriyle farklı sektörler için yapılan performans değerlendirme çalışmalarına yer verilmiş olup sonrasında bu makalenin konusu olan kalkınma ve yatırım bankaları performans değerlendirme literatürü özetlenmiştir.

2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Farklı Sektörlerde Yapılan Çalışmalar

Türkoğlu (2019) yılında yaptığı çalışmada 26 Avrupa ülkesinin bilim ve teknoloji göstergelerini 2015 yılı için analiz ederek ülkeleri performans sıralamasına göre sıralamıştır. Söz konusu 26 ülkeye ait Ar-Ge harcaması, Ar-Ge araştırmacı sayısını, patent başvuru sayısını ve ileri teknoloji ürünleri ihracat değişkenlerini ARAS yöntemi ile analize tabi tutmuş ve analiz sonucuna göre performans sıralamasında Almanya, Birleşik Krallık, Hollanda ve İsveç üst sıralarda yer alırken Hırvatistan, Letonya ve Romanya alt sıralarda yer almıştır.

Arslan ve Belgin (2020) yılında Türkiye imalat sektöründe yer alan yüksek ve orta-yüksek teknoloji alanlarını ÇKKV yöntemlerinden Gri İlişkisel Analiz (GİA) yöntemi ile analiz etmiştir. Çalışmada aynı zamanda Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemini de kullanarak söz konusu sektörler için 36 alt sektörün önem derecesine göre sıralamışlardır. Çalışmada veri olarak sektörler için katma değer, çalışan başına Ar-Ge harcaması, işgücü verimliliği, ihracat, patent sayısı, tasarım tescil sayısı, faydalı model sayısı, marka başvuru sayısı ve birim yurtdışı satış fiyatları kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre yüksek ve orta-yüksek teknoloji alanında motorlu kara taşıtları sektörü birinci, motorlu kara taşıtları için parça ve aksesuar imalatı sektörü ikinci, ev aletleri imalatı sektörü üçüncü sırada yer alırken, manyetik ve optik kaset, bant, CD sektörü ise son sırada yer almıştır. Yüksek teknoloji ürünleri imalat sektöründe ise ilaç imalat sektörü birinci, ölçme test ve seyrüsefer amaçlı alet ve cihazlar ile saat sektörü ikinci, hava taşıtları ve uzay araçları makineleri imalat sektörü üçüncü olarak sıralanmıştır. Yazarlar ayrıca bu sonuca göre ilgili sektörler

yapılacak girişimcilik desteklerine öncelik verilmesinin daha fazla ekonomik fayda ve katkı sağlayacağını belirtmişlerdir.

Güler ve diğerleri (2017) sağlık kurumlarının performanslarını veri zarflama analizi ile incelemişlerdir. Çalışmada bir üniversite hastanesi analiz yapılabilmesi için seçilmiş ve bu hastanede yatarak tedavi gören hastalara taburcu olana kadar yapılan işlemler ile bu işlemler için kullanılan malzemeler arasında performans ölçümü ile servislerin verimlilikleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda özellikle cerrahi servislerin verimli oldukları gözlemlenmiştir.

Korucuk (2019) işletmelerin verimlilik önündeki engellerini belirlemek amacıyla Erzurum ilinde faaliyet gösteren 10 ve üzeri çalışanı olan üretim işletmelerine AHP ve TOPSIS teknikleriyle analiz yapmıştır. AHP analiz sonucuna göre verimlilik önündeki engeller; düşük teknolojik yapı, teknolojiye dışa bağımlılık, kötü üretim planlaması, Ar-Ge'ye ayrılan kaynakların azlığı, kaynakların yanlış koordinasyonu, yetersiz beşerî sermaye düzeyi, eğitim ve mesleki eğitim sisteminin yetersizliği, üretim sistemindeki esnekliğin zayıf olması, kişi başına sabit sermaye stoğunun azlığı ve bürokratik engeller olarak tespit edilmiştir. TOPSIS yöntemiyle yapılan ikinci analizde ise verim artırıcı teknikler sıralanmıştır. Bu analizin sonucuna göre ise en iyi verim artırıcı teknik teknoloji esaslı tekniklerdir. Daha sonra sırasıyla malzeme esaslı teknikler, iş esaslı teknikler, personel esaslı teknikler ve yönetim esaslı teknikler olduğu bulunmuştur.

Maya ve Eren (2018) İMKB'ye kayıtlı en büyük 1000 sanayi kuruluşu içine giren 12 işletmenin 2011-2015 yılları arası performanslarını analiz etmişlerdir. Analizde firmalara ait faaliyet oranları, kârlılık oranları ve likidite oranları ÇKKV yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile kriter ağırlıkları saptanmış olup TOPSIS ve VIKOR yöntemleri sonuçları birbiriyle karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre iki karar verme yönteminin de birbirine yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Memiş ve Korucuk (2022) çalışmalarında Giresun ilinde hızlı yemek işletmelerine yönelik pazarlama inovasyonu kriterlerinin önem derecesi tespit etmek için ÇKKV yöntemlerinden CRITIC yöntemi, bu kriterlerde en ideal firmayı seçebilmek için de Gri Analiz (GIA) yöntemini kullanarak analize tabi tutmuşlardır. Çalışmanın sonucuna göre pazarlama inovasyonu kriterlerinden *Süreç* en yüksek kriter olurken en düşük kriter ise *Ürün* kriteri olduğu tespit edilmiştir.

2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Bankacılık Sektöründe Yapılan Çalışmalar

Athanasoglu ve diğerleri (2008) Yunan bankalarının karlılığı üzerine yaptıkları çalışmada, banka karlılığını etkileyen faktörleri üç gruba ayırmışlardır. Bu faktörlerin bankaya özgü, sektöre özgü ve makroekonomik değişkenler olarak ayrı ayrı banka karlılığına ve performanslarına etkileri incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre sektör yoğunluğu ve aktif büyüklük banka performanslarını etkilemezken, sermaye büyüklüğü ve işgücünün pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Makroekonomik göstergelerden konjonktürel üretim ve enflasyonun ise bankaların performanslarını olumlu olarak etkilediği görülmüştür.

Raza ve diğerleri (2011) 2006-2009 yıllarında Pakistan'da faaliyet gösteren yedi yatırım bankasının finansal performanslarını karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında yedi adet finansal oran ve iki adet gösterge içeren toplam dokuz veri türü kullanmışlar, yatırım bankalarının sermaye yeterlilik oranı, likidite oranı ve kaldıraç oranı bazında farklı performanslar sergiledikleri sonucuna ulaşmışlardır.

Yasir ve diğerleri (2011) yaptıkları çalışmada 2001-2010 yılları arasında Pakistan'da bulunan ticari ve yatırım bankalarının performanslarını karşılaştırmışlardır. Bankaların ödenmiş sermaye, toplam varlıklar, özkaynak, vergi öncesi ve sonrası kârları gibi göstergeleri ANOVA yöntemi ile analiz etmişler ve sonucunda ticari bankaların performanslarının ülke ekonomisi üzerindeki etkisinin güçlü ve sürdürülebilir olduğunu ancak yatırım bankalarının ekonomi üzerinde etkisinin zayıf ve beklentileri karşılamadığı sonucuna varmışlardır.

Baig ve diğerleri (2014) yaptıkları çalışmada, 2007-2011 yılları arası küresel mali krizin etkilerini Pakistan'da faaliyet gösteren yedi yatırım bankasının performanslarındaki değişimler üzerinden incelemişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre yedi bankanın ortalama ROA'sı ana iş faaliyetlerindeki dalgalanmalar nedeniyle olumsuz bir eğilim izlemektedir. Ayrıca çalışmada daha büyük bankaların daha iyi bir ortalama faaliyet kâr marjına sahip olduğu, marj ne kadar yüksek olursa bankanın performansının o kadar iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Koç ve diğerleri (2016), 2002-2012 dönemlerinde Türkiye'de faaliyet gösteren kalkınma ve yatırım bankalarının performanslarını analiz etmişlerdir. En Küçük Kareler Yöntemi, Engel Granger nedensellik testi ve Johansen eşbütünleşme yöntemleriyle yaptıkları analizde ROA ve ROE açıklayıcı değişkenlerini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre, kamu sermayeli kalkınma ve yatırım bankalarının ROA açısından, özel sermayeli bankaların da ROE açısından performans sergilediği sonucuna ulaşmışlardır. Yabancı sermayeli kalkınma ve yatırım bankalarında ise uzun vadede ROA ve ROE'nin performans sürekliliği gösterdiği sonucunu elde etmişlerdir.

Uslu ve diğerleri (2019) yaptıkları çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren mevduat bankalarının performanslarını CAMELS yöntemiyle analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda kamu bankalarında %33, özel bankalarda %75 CAMELS bileşik değerinin arttığını tespit etmişlerdir. 2020-2017 yılları arasında kapsayan analiz dönemi boyunca Akbank ve Ziraat Bankası'nın en yüksek performansa sahip bankalar olduğunu tespit etmişlerdir.

Işık (2020) Türkiye'de faaliyet gösteren kalkınma ve yatırım bankalarının 2014-2018 yılları arasındaki performanslarını SD, WASPAS ve MABAC yöntemiyle analiz etmiştir. Çalışmanın sonucuna göre Türk Eximbank analiz edilen dönemler arasında en yüksek performansa sahip banka olarak belirlenmiştir. Ayrıca çalışmanın sonucuna göre büyük ölçek sahibi olan bankaların ölçek ekonomilerinden daha fazla yararlanarak işlem maliyetlerini minimize etmesinden dolayı rekabet avantajı elde ettiği sonucuna varmıştır.

Mustafayeva (2020) yaptığı çalışmada 13 kalkınma ve yatırım bankasının performansını 2013-2018 yılları arasında 25 adet rasyoyla analiz etmiştir. CAMELS yöntemini kullandığı çalışmada ayrıca yatırım ve kalkınma bankalarının performanslarını ticari bankalar ile karşılaştırmıştır. Analiz sonucuna göre kalkınma ve yatırım bankaları sermaye yeterliliği ve yönetim kalitesinde yüksek performans sergilerken, ticari bankalar likidite durumu, aktif kalitesi ve piyasa risk bileşenlerinde daha iyi performans sergilemektedirler. Ayrıca yazar toplam performans sonucuna göre kalkınma ve yatırım bankalarının daha yüksek değere sahip olmasının sebebinin söz konusu bankaların şube başına kâr rasyolarının yüksek olmasıyla açıklamıştır.

Özgür (2021) 2009-2019 yılları arasında faaliyet gösteren 9 kalkınma ve yatırım bankasının performanslarını değerlendirdiği çalışmada 21 adet mali oran kullanmıştır. CAMELS yöntemi ile analiz edilen çalışmada bazı kalkınma ve yatırım bankalarının incelenen dönemler arasında hep pozitif değerler alırken, bazılarının ise hep negatif değerler aldığı sonucuna ulaşmıştır. Yazar ayrıca negatif değerler alan bankaların tedbir alması gerektiğini belirtmiştir.

Karadağ Ak ve diğerleri (2022) yaptıkları çalışmada 2010-2019 yılları arasında faaliyet gösteren 9 kalkınma ve yatırım bankasının performanslarını Entropi tabanlı ARAS yöntemiyle analiz etmişlerdir. Çalışmada Entropi yöntemine göre en önemli değerlendirme kriterinin Takipteki Krediler/ Toplam Krediler olduğunu belirlemişlerdir. ARAS yöntemine göre ise incelenen dönemde en iyi performansı sergileyen bankalar Diler Yatırım Bankası ve Merrill Lynch Yatırım Bankası iken en düşük performansa sahip bankaların Türkiye Sınai Kalkınma Bankası ve Aktif Yatırım Bankası olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ömürbek ve Özcan (2018) Borsa İstanbul'da işlem gören 6 sigorta şirketinin performanslarını incelemişlerdir. Sigorta şirketlerinin 10 finansal kriterini ÇKKV yöntemlerinden MULTIMOORA yöntemiyle analiz ettikleri çalışmanın sonucuna göre yazarlar sigorta şirketlerine derecelendirme yaparak karşılaştırma yapmışlardır.

Benzer bir çalışma Ceyhan ve Demirci tarafından (2017) leasing şirketlerinin performanslarını ölçmek amacıyla yapılmıştır. Leasing şirketlerine ait yedi kriter yazarlar tarafından belirlenmiş ve analizin sonucuna göre Yapı Kredi Finansal Kiralama A.O. ilk sırada yer alırken Şeker Finansal Kiralama A.Ş performans açısından son sırada yer almıştır.

Dinçer ve Görener (2011) Türkiye'de faaliyet gösteren dört katılım bankasının performansını MULTIMOORA yöntemi ile analiz etmiştir. Çalışma 2006-2014 yıllarını kapsamakta olup toplam 20 performans kriteri ile analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda CAMELS yönteminin MULTIMOORA yöntemiyle birlikte kullanılmasının ve değerlendirilmesinin daha açıklayıcı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Kalkınma ve yatırım bankacılığı performans analizleri ile ilgili literatür taraması yapılırken, bu konuyla ilgili oldukça az çalışmanın yapıldığı görülmüştür. Kalkınma ve yatırım bankalarının bir ülkede verimli olarak kullanılmasının o ülkenin ekonomisinde büyük faydalar sağladığı bilinmektedir. Ancak mevcut bazı çalışmalarda seçilen performans ve verimlilik rasyolarının sadece ticari bankalarda kullanılabileceği, yapıları gereği kalkınma ve yatırım bankalarında bu rasyoların kullanılması durumunda anlamlı sonuçlar vermediği tespit edilmiştir. Bu çalışmada seçilen rasyolar kalkınma ve yatırım bankacılık türüne uygun olarak seçilmiş ve hesaplanmıştır. Bu anlamda çalışmanın Türk bankacılık sisteminde yer alan kalkınma ve yatırım bankalarının verimliliklerini ve performanslarını görebilmeleri için önemli bir gösterge olduğu düşünülmektedir. Ayrıca çalışmada Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden MULTIMOORA analiz yöntemi kullanılmıştır. Literatür taraması esnasında bu yöntemin kalkınma ve yatırım bankacılık alanında faaliyet gösteren bankaların tamamına uygulandığı bir analize rastlanamamıştır. Bu çalışmanın mevcut çalışmalardan bir diğer farkı ise analiz edilen kalkınma ve yatırım bankalarının kamu, özel sermaye ve yabancı bankalar olarak kendi aralarında analize tabi tutulmuş olmasıdır. Böylelikle analiz sonuçlarında daha tutarlı sonuca ulaşılabileceği düşünülmüştür. Bu anlamda çalışmanın özgün bir çalışma olduğu düşünülmektedir.

3.YÖNTEM

Çok kriterli karar verme yöntemleri, belirli çelişkili amaçlara göre mevcut alternatifler kümesinden en iyi çözümlerin seçilmesi problemleriyle ilgilenen yöntemlerdir. Bu yöntemler; alternatifler içinden iyi alternatifi seçme, alternatifleri nispeten homojen gruplara sınıflandırma, en iyiden daha az iyiye ya da kötüye doğru sıralama vb. konularda görüş oluşturmaya yardımcı olmaktadır (Balezentis ve Balezentis, 2014). ÇKKV yöntemleri 1970'li yıllarda geliştirilmeye başlanmış ve günümüzde oldukça fazla çalışmada tercih edilen yöntemlerden olmuştur. ÇKKV alternatif ve parametre sayısının fazla olduğu durumlarda mümkün olduğu kadar hızlı, kolay ve doğru kararın verilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca kriterlerin birbiri ile çelişmesi halinde veya kriterlerin sayısal bir değerle ifade edilemeyeceği durumlarda ortak bir dilde çıkarımlar sunarak değerlendirme yapabilinen yöntemlerdir (Hamurcu ve Eren, 2015).

ÇKKV yöntemlerinde izlenen adımlar şu şekildedir (Arslankaya ve Göraltay, 2019).

- Konu ile ilgili kriter ve alternatifler belirlenir.
- Bu kriterlerin önem dereceleri belirlenir.
- Her bir alternatif tüm kriterler bazında değerlendirilerek alternatifler sıralanır.

3.1.MOORA ve MULTIMOORA Yöntemi

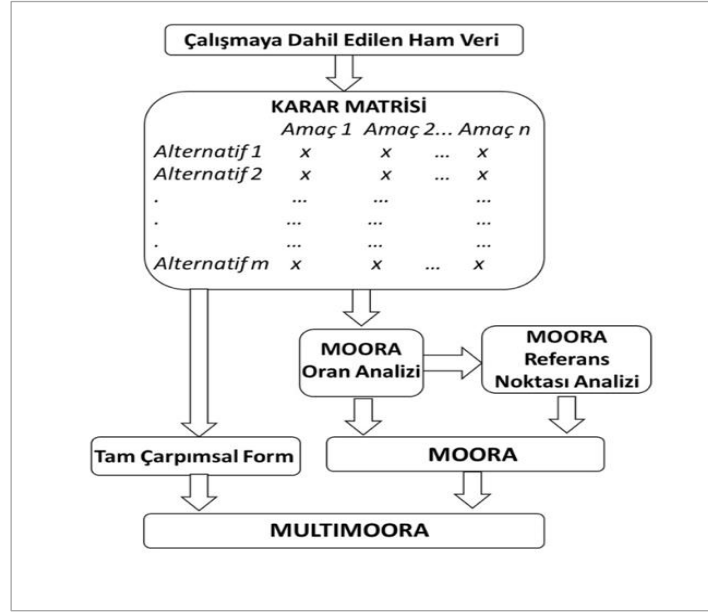
MOORA yöntemi çok kriterli karar verme yaklaşımları arasında en yeni yöntemlerden olup 2006 yılında Wiilem Karel M. Braures ve Edmundas Kazimieras Zavadskas tarafından ilk kez çalışılmıştır. MOORA yönteminin diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre daha fazla kriteri bir bütün olarak ele almasından dolayı son yıllarda literatürde sıkça kullanıldığı görülmektedir. MOORA yöntemi basit matematiksel işlemlerle, kısa zamanda tüm alternatif kriterleri bir bütün olarak değerlendirebilen, çalışmanın amacına yönelik cevapları güvenilir sonuçlarla açıklayan bir yöntemdir (Uçar, 2022). Ayrıca yöntemin üstün tarafı tüm amaçları dikkate alırken alternatifler arasında gerçekleşen etkileşimleri parça parça değil bütün olarak ele almasıdır (Aksoy ve diğerleri, 2015).

Yöntemin öne çıkan avantajları, uygulanabilir basit matematiksel işlemlerin kullanılması, hesaplamalarda objektif verilerin kullanılması, hesaplama için uzun zaman gerektirmemesi, çalışma kapsamındaki çok sayıda alternatifin birlikte ve bütünsel bakış açısı ile değerlendirilmesine olanak tanınması şeklinde özetlenebilir (Ceyhan ve Demirci, 2017).

MULTIMOORA, MOORA analiz yöntemlerinin baskınlık analiziyle bir arada değerlendirildiği, tüm yöntemlerin ortak sonucunu gösteren bir yöntemdir. Bu yöntem MOORA yönteminin Brauers ve Zavadskas tarafından 2010 yılında genişletilmiş halidir (Ayçin, 2020).

Gerek finansal olmayan gerekse finansal kurumların performans değerlendirmelerinde sıklıkla ÇKKV Yöntemleri kullanılmakta olup bu yöntemler içinde de MULTIMOORA Yöntemi öne çıkan yöntemler arasındadır. Bu çalışmada hangi bankalar için performans değerlendirmesi yapılacağına karar verilirken; kalkınma yatırım bankalarına ilişkin performans değerlendirme çalışmalarının literatürde çok fazla olmaması araştırmanın motivasyonu olmuştur. Ayrıca finansal kurumların performans değerlendirmesinde kullanılan yöntemlerden sıklıkla kullanılan MULTIMOORA Yöntemi'nin avantajları dikkate alınarak analiz yöntemi seçilmiştir.

MULTIMOORA yöntemi M-Oran Analizi, Moora- Referans Noktası Analizi ve Tam Çarpımsal Form Analizinin bir arada kullanıldığı bir yöntemdir. MULTIMOORA yöntemi bağımsız bir ÇKKV yöntemi olmamakla birlikte bu üç yöntem ayrı ayrı hesaplanarak baskınlık oranlarına göre birleştirilerek oluşturulan yöntemlerin sıralamasına dayanmaktadır (Ömürberk ve Özcan, 2016). MULTIMOORA yönteminin Şekil 1'de akış şeması gösterilmekte olup, aşamalar sırayla aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 1. MULTIMOORA yönteminin akış şeması (Brauers ve Zavadskas, 2011)

3.1.1.MOORA – Oran Analizi

Yöntem, her kriterin alternatifinin performansını gösterir. Karar matrisinin oluşturulması MOORA-Oran MULTIMOORA metodunun ilk adımındır. MOORA-Oran yönteminin adımları aşağıda listelenmiştir.

1.Adım: Bu matris çalışmaya dahil edilecek kriterlere göre alternatiflerin performansını gösterir. Buna göre tüm kriterler bir araya getirilerek maksimize edilecek ve minimize edilecekler seçilecektir (Eşitlik 1). Bu matriste, maliyet etkisi olan kriterler minimum hedefe, fayda etkisi olan kriterler maksimum hedefe sahiptir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & \dots & x_{0j} & \dots & x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}; i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

Burada; m : alternatif sayısını, n : Alternatifleri tanımlayan kriter sayısı, x_{ij} : j kriteri için i alternatifinin performans değeri, x_{0j} : Kriterin optimal değerini göstermektedir.

2.Adım: Başlangıçta yapılan karar matrisine Eşitlik 2 uygulanarak normalize edilmiş karar matrisine (x_{ij}^*) Eşitlik 2'deki gibi ulaşılır. Bir alternatifin, bu kriterdeki diğer alternatif performanslarına karşı bir kriter üzerindeki her performans değeri şu şekilde hesaplanır:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2)$$

3.Adım: Normalleştirilmiş matris değerlerinin her biri, kriterin ağırlığı (w_j) ile çarpılır ve Eşitlik 3'teki ağırlıklı normalleştirilmiş matris değerlerine ulaşılır

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n w_j x_{ij}^* \quad (3)$$

Burada; $j = 1, 2, \dots$, en maksimize karar kriterleri, $j = g + 1, g + 2, \dots, n$ minimize karar kriterleri, w_j ise kriterin ağırlığıdır. Göreceli önem (y_i^*) alternatiflerin tercihini gösterir.

4.Adım: Son adım, alternatifleri önemlerine göre sıralamaktır. Alternatifleri sıraladıktan sonra MOORA referans noktası yöntemi uygulanır.

3.1.2.MOORA – Referans Nokta Analizi

Braures ve Zavadskas tarafından geliştirilen bu yaklaşımla ilgili ilk çalışma 2009 yılına dayanmaktadır. Oran yönteminden elde edilen ağırlıklı normalleştirilmiş matrisi kullanır. MOORA- Referans noktası yaklaşımının adımları Eşitlik 4 ve 5'teki gibidir:

$$[w_j r_j - v_{ij}] \quad (4)$$

Sütunlardaki her değer için, referans değerle farkın mutlak değeri Eşitlik 5'teki gibi hesaplanır.

$$\min_j \{ \max_j (|w_j r_j - v_{ij}|) \} \quad (5)$$

Ortaya çıkan matristeki her alternatif için maksimum değer belirlenir. Analizin sonucuna göre ise değerler küçükten büyüğe doğru Tchebycheff'in Min-Maks Metrik formülüyle sıralanarak ilk değer en iyi alternatif olarak seçilir.

3.1.3. Tam Çarpın Analizi

2010 yılında Braures ve Zavadskas, MULTIMOORA yönteminin üçüncü kısmı olan tam Çarpın Analizi tekniğini geliştirmişlerdir (Demir ve diğerleri, 2020). Bu yöntem karar matrisini kullanır. Karar matrisinin tam çarpım biçiminde sıfır ve negatif değerleri varsa, anlamsız sonuçlar ortaya çıkabilir. Bundan kaçınmak için, ilgili değerleri pozitif hale getirerek tutarlı sonuçlar elde edilebilir (tüm sütun boyunca aynı prosedürü uygulayarak) Tam çarpımsal form adımları Eşitlik 6-8'deki gibidir.

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \quad (6)$$

$$A_i = \prod_{g=1}^j x_{gj} \quad (7)$$

$$B_i = \prod_{k=j+1}^n x_{kj} \quad (8)$$

$i = 1, \dots, n$; n alternatiflerin sayısı, j maksimizasyon ölçütlerinin sayısı, $n - j$ minimizasyon ölçütlerinin sayısı olmak üzere U_i ise alternatiflerin skorlarını göstermektedir. Her bir alternatif için hedefi maksimum olan amaçlarının değerlerinin çarpımı, hedefi minimum olan değerlerin çarpımına bölünüp çıkan sonuçlar sıralanmaktadır. Sıralanan bu değerlerden birinci sıradaki alternatif en uygun alternatif olacaktır.

3.1.4. Baskınlık Teorisi

Brauers ve Zavadskas (2011), MOORA-Ratio yönteminden, MOORA-Referans noktası yaklaşımından ve tam çarpımsal form sıralamasından tek bir sıralama elde etmek için Baskınlık Teorisini geliştirmişlerdir. Teorinin temeli, farklı yaklaşımların sonuçları arasındaki baskınlığın belirlenmesi ile ilgilidir. Muhakeme yöntemiyle uygulanış şekilleri aşağıdaki gibidir:

Baskınlık: Bir alternatifin üç farklı teknikten elde edilen sıralama değerleri sırasıyla (1- 1- 1) ise, kesinlikle baskındır.

Kararlılık: Eğer bir alternatif uygulanan tüm yöntemlerde aynı sırada ise bu durumda tam kararlılık söz konusudur. Ancak minimum ve maksimum değerlere diğer alternatiften daha yakın olması durumunda kısmi kararlılık oluşur. Örneğin (2-d-4), (3-d-6) durumundan daha kararlıdır (Uçar, 2022).

Geçişlik: Alternatiflerin birbirlerine göre sıralanması durumudur. Eğer c, f'ye baskın, f, g'ye baskın ise c, g'ye baskın kabul edilmektedir.

4. UYGULAMA

Türkiye'de Mart 2022 tarihi itibarıyla 14 kalkınma ve yatırım bankası bulunmakta olup bu bankalar Tablo 1'de verilmiştir. Türkiye'de faaliyet gösteren 14 kalkınma ve yatırım bankasının bankacılık sektöründeki toplam payları yüzde 6,8 'dir. Bu bankalardan üçü (İller Bankası, Türk Eximbank, Türkiye Kalkınma ve Yatırım Bankası) kamu sermayeli olup sektörün yüzde 4,9'una sahiptirler. Özel sermayeli olan bankaların (Aktif Yatırım Bankası, Diler Yatırım Bankası, Golden Global Yatırım Bankası, GSD Yatırım Bankası, İstanbul Takas ve Saklama Bankası, Nurol Yatırım Bankası, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası) sektördeki payları toplamı yüzde 1,8 olup yabancı sermayeli kalkınma ve yatırım bankalarının (Bank of America Yatırım Bankası, BankPozitif Yatırım Bankası, Standart Chartered Yatırım Bankası) toplam içindeki payları ise sadece yüzde 0,1' dir.

Tablo 1. Türkiye’de faaliyet gösteren kalkınma ve yatırım bankalarının sektör payları (Mart-2022)

<i>Kalkınma ve Yatırım Bankaları</i>	<i>Sektör Payı (%)</i>
<i>Kamusal Sermayeli Kalkınma ve Yatırım Bankaları</i>	4,9
İller Bankası A.Ş.	0,8
Türk Eximbank	3,6
Türkiye Kalkınma ve Yatırım Bankası A.Ş.	0,5
<i>Özel Sermayeli Kalkınma ve Yatırım Bankaları</i>	1,8
Aktif Yatırım Bankası A.Ş.	0,4
Diler Yatırım Bankası A.Ş.	0,0
Golden Global Yatırım Bankası A.Ş.	0,0
GSD Yatırım Bankası A.Ş.	0,0
İstanbul Takas ve Saklama Bankası A.Ş.	0,4
Nurol Yatırım Bankası A.Ş.	0,1
Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş.	0,9
<i>Yabancı Sermayeli Kalkınma ve Yatırım Bankaları</i>	0,1
Bank of America Yatırım Bank A.Ş.	0,0
BankPozitif Kredi ve Kalkınma Bankası A.Ş.	0,0
Pasha Yatırım Bankası A.Ş.	0,0
Standard Chartered Yatırım Bankası Türk A.Ş.	0,0
<i>Toplam</i>	6,8

Kaynak: TBB (2022)

Çalışmada kalkınma ve yatırım bankaları birlikte analize dahil edilmiş olup bu bankalardan İller Bankası ağırlık olarak devletin yerel yönetimlerle olan kaynak akışını yerine getirirken, İstanbul Takas ve Saklama Bankası ise merkezi takas kuruluşu fonksiyonu olarak Borsa İstanbul’da gerçekleştirilen işlemlerin nakit ve menkul kıymet takası görevini gerçekleştirmektedir. Bu çerçevede temel faaliyet alanları çerçevesinde kalkınma ve yatırım bankacılığı fonksiyonundan çok, spesifik konularda faaliyette bulunmalarından dolayı çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Ayrıca 30.01.2020 tarihinde faaliyete geçen Golden Global Bank veri azlığı nedeniyle analize dahil edilmemiştir. Bu nedenle çalışmada 11 kalkınma ve yatırım bankasının verileri kullanılmıştır. Analize konu olan bankalar, kamu bankaları, özel sermayeli bankalar ve yabancı bankalar olarak 3 ayrı grupta incelenmiş çalışmanın sonunda ise tüm bankalar birlikte analize dahil edilmiştir. Analiz edilen banka sayılarının ve yılların fazla olması nedeniyle sadece 2010 yılına ait uygulama adım adım gösterilmiş ve diğer yıllara ait analizler toplu halde raporlanmıştır. Tablo 2’de, çalışmada kullanılan bankalar listelenmiştir.

Tablo 2. Analizde yer alan bankaların listesi

<i>Kamusal Sermayeli Bankalar</i>	<i>Kısa Adı</i>
Türk Eximbank	Eximbank
Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş.	Kalkınma ve Yatırım Bankası
<i>Özel Sermayeli Bankalar</i>	
Aktif Yatırım Bankası A.Ş.	Aktifbank
Diler Yatırım Bankası A.Ş.	Diler Bank
GSD Yatırım Bankası A.Ş.	GSD Bank
Nurol Yatırım Bankası A.Ş.	Nurol Bank
Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş.	Sınai ve Kalkınma Bankası
<i>Yabancı Bankalar</i>	
Bank of America Yatırım Bank A.Ş.	Bank of America
BankPozitif Kredi ve Kalkınma Bankası A.Ş.	Bank Pozitif
Pasha Yatırım Bankası A.Ş.	Pasha Bank
Standart Chartered Yatırım Bankası A.Ş.	Standart Chartered Bank

Kaynak: TBB (2022)

Analizi yapılan bankalardan ikisi kamu sermayeli, beş adedi özel sermayeli dört adedi ise yabancı sermayeli bankadır. Çalışmada kalkınma ve yatırım bankalarına ait 17 rasyo seçilmiştir. Bu rasyolar Türkiye Bankalar Birliği'nin web sayfasında yer alan istatistiki raporlar bölümünden elde edilmiştir. Söz konusu rasyolar seçilirken bankaların faaliyetlerine devam edebilmesi için BDDK tarafından en fazla takip edilen ve bankacılık sektöründe önem arz eden oranlara yer verilmiştir. Çalışmada bu 17 rasyo sermaye yeterliliği, aktif kalitesi, likidite, kârlılık, gelir-gider yapısı, sektör payları ve bilanço dışı yapısı olmak üzere 7 ayrı grupta toplanmıştır. Analizde kullanılan veriler 2010-2020 dönemini kapsamakta olup bu dönemler arasında kalkınma ve yatırım bankalarının performanslarının karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Tablo 3. Analizde kullanılan rasyolar ve kodları

Rasyo	Açıklama	Kod
Sermaye Gücü %	Sermaye Yeterliliği Oranı	S1
	Özkaynaklar / Toplam Varlıklar	S2
	(Net Bilanço Pozisyonu + Net Nazım Hesap Pozisyonu) /	S3
	Yabancı Kaynaklar/ Özkaynaklar	S4
Aktif Kalitesi %	Ayrılan Kredi Karşılıkları / Toplam Krediler	A1
	Toplam Krediler / Toplam Varlıklar	A2
	Finansal Varlıklar (Net) / Toplam Varlıklar	A3
	Takipteki Krediler / Toplam Krediler	A4
Likidite	Likit Aktifler / Toplam Aktifler	L1
	Likit Aktifler / Kısa Vadeli Yükümlülükler	L2
Karlılık %	Ortalama Aktif Karlılığı	K1
	Ortalama Özkaynak Karlılığı	K2
Gelir-Gider Yapısı %	Faiz Gelirleri / Faiz Giderleri	G1
	Faiz Dışı Gelirler (Net) / Diğer Faaliyet Giderleri	G2
Sektör Payları %	Toplam Krediler ve Alacaklar	SP1
	Toplam Varlıklar (Toplam Aktifler)	SP2
Bilanço Dışı %	Bilanço Dışı Yükümlülük Kaldırıcı*	B1

*Özkaynaklar/Garanti ve Teminatlar+ Taahhütler+Türev ve Finansal Araçlar

4.1.Oran Analizi

Analizin ilk aşamasında Tablo 4'te yer alan (16x11) boyutlu karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 4. Analize ilişkin ham veri (2010 yılı)

Kod	Kalkınma ve Yatırım Bankaları			Özel Sermayeli Bankalar				Yabancı Bankalar			Standart Chartered Bank
	Eximbank	Bankası	Aktifbank	Diler Bank	GSD Bank	Nurol Bank	Sinai ve Kalkınma Bankası	Bank of America	Bank Pozitif	Pasha Bank	
S1	142,8	75,2	12,6	62,5	41,5	18,6	22,7	55,9	30,3	76,5	16,6
S2	57,7	32,2	14,5	81,7	67,1	25,6	16	18,4	28,8	91,3	89,9
S3	0,6	1	-0,9	0,7	0	7,2	1,9	0	-2	-1,6	0,1
A1	3,4	32,6	2,01	1,14	10,24	16,92	1,33	0	3,63	100	98,1
A2	66,1	73,8	48,8	85,1	86	54,9	60,3	0	69,3	0	0,2
A3	19,4	14	27,42	2,2	3,3	10	31,7	16,4	8,9	3,4	0
A4	2,8	45,4	0,76	0,1	12	18,84	0,53	0	5,4	100	98,7
L1	19,3	18,7	49,3	12,5	4,4	38,5	30,7	79,3	19	5,6	87,2
L2	5372,4	282,7	87,7	12,5	25,4	71,6	171,1	129,6	231,4	131	5199,1
K1	4,1	1,3	2,4	3,2	4,4	0,2	2,7	4,3	1,5	-25,9	8,7
K2	7,1	14,1	16,4	3,9	6,6	0,6	16,7	23,5	5,3	-28,3	10,1
G1	1.167,50	466,9	218,8	315,5	584,6	188,7	320,1	423	185,9	204,2	0
G2	82	48,7	126,8	7	61,3	56,8	92,8	90,2	81,8	20,5	140,7
SP1	0,817	0,232	0,142	0,017	0,018	0,023	0,938	0	0,221	0	0
SP2	0,654	0,166	0,154	0,011	0,011	0,023	0,823	0,035	0,169	0,001	0,007
B1	126,67	35,67	3,99	34,01	22,47	3,32	22,98	16,45	17,04	162,5	9,39

Tablo 4'te 2010 yılına ait ham veriler gösterilmekte olup verilerin karşılaştırılabilmesi için bir sonraki aşamada söz konusu rasyolara Eşitlik 2 yardımıyla normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Böylece tüm değerler -1 ve 1 arasında bir değer almakta ve karşılaştırma yapılabilmektedir. Ayrıca bu aşamada kriterlerin maksimize ve minimize olarak ayrılmasına karar verilmiştir.

Tablo 5. Normalize edilmiş veri tablosu

Bankalar		MAK	MAK	MIN	MAK	MAK	MAK	MIN	MAK	MAK	MAK	MAK	MAK	MAK	MAK	MAK	MAK
		S1	S2	S3	A1	A2	A3	A4	L1	L2	K1	K2	G1	G2	SP1	SP2	B1
<i>Kamu</i>	Eximbank	0,88	0,87	0,51	0,1	0,67	0,81	0,06	0,7	1	0,95	0,45	0,9	0,86	0,96	1	0,96
<i>Sermayeli Bankalar ve Yatırım Bankası</i>	Kalkınma	0,47	0,49	0,86	0,99	0,74	0,59	1	0,7	0,05	0,3	0,89	0,4	0,51	0,27	0,3	0,27
<i>Özel Sermayeli Bankalar</i>	Aktifbank	0,16	0,13	-0,1	0,1	0,32	0,63	0,03	0,7	0,42	0,36	0,67	0,3	0,71	0,15	0,2	0,08
	Diler Bank	0,77	0,74	0,09	0,06	0,55	0,05	0	0,2	0,06	0,49	0,16	0,4	0,04	0,02	0	0,72
	GSD Bank	0,51	0,61	0	0,51	0,56	0,08	0,54	0,1	0,12	0,67	0,27	0,7	0,34	0,02	0	0,48
	Nurol Bank	0,23	0,23	0,96	0,85	0,36	0,23	0,84	0,5	0,35	0,03	0,02	0,2	0,32	0,02	0	0,07
	Sınai ve Kalkınma Bankası	0,28	0,14	0,25	0,07	0,39	0,73	0,02	0,4	0,83	0,41	0,68	0,4	0,52	0,99	1	0,49
<i>Yabancı Bankalar</i>	Bank of America	0,55	0,14	0	0	0	0,86	0	0,7	0,02	0,16	0,61	0,8	0,48	0	0,2	0,1
	Bank Pozitif	0,3	0,22	-0,8	0,03	1	0,47	0,04	0,2	0,04	0,05	0,14	0,4	0,44	1	1	0,1
	Pasha Bank	0,76	0,69	-0,6	0,71	0	0,18	0,71	0,1	0,03	-0,9	-0,7	0,4	0,11	0	0	0,99
	Standart Chartered Bank	0,16	0,68	0,04	0,7	0	0	0,7	0,7	1	0,31	0,26	0	0,75	0	0	0,06

Veriler normalize edildikten sonra maksimize ve minimize edilecek veriler ayrı ayrı toplanarak maksimize edilen verilerden minimize edilen değerler çıkarılmıştır. Böylelikle her alternatif için Tablo 6'daki tek bir kriter değerine ulaşılmıştır.

Tablo 6. Oran analizine göre maksimize- minimize edilmesi gereken veriler toplam tablosu

	Mak-Min
Eximbank	10,6
Kalkınma ve Yatırım Bankası	5
Aktifbank	5
Diler Bank	4,1
GSD Bank	4,4
Nurol Bank	1,7
Sınai ve Kalkınma Bankası	7,1
Bank of America	4,6
Bank Pozitif	6
Pasha Bank	2,2
Standart Chartered Bank	4

Oran analizine göre maksimize-minimize edilmiş kriterler Tablo 7'deki gibi büyükten küçüğe sıralanarak performans analizi sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 7. Oran analizi nihai sıralama

	Sıra
Eximbank	1
Kalkınma ve Yatırım Bankası	2
Aktifbank	2
Diler Bank	4
GSD Bank	3
Nurol Bank	5
Sinai ve Kalkınma Bankası	1
Bank of America	2
Bank Pozitif	1
Pasha Bank	4
Standart Chartered Bank	3

2010 yılı oran analizi sonuçlarına göre kamu bankalarından Eximbank, özel sermayeli bankalardan Sinai ve Kalkınma Bankası, yabancı bankalardan Bank Pozitif performans sıralamasında birinci sırada yer almışlardır.

4.2.Referans Noktası Analizi

Referans noktası analizinde yine oran analizinde olduğu gibi normalize edilmiş veriler ve maksimize-minimize edilmesine karar verilen kriter ayrımı kullanılmaktadır. Normalize edilen bu verilerden minimize edilmesi gerekenler arasından minimum olan, maksimize edilmesi gerekenler arasından maksimum olan bulunduktan sonra her bir alternatifin ilgili maksimum – minimum değer ile farkı hesaplanmaktadır (Tablo 8).

Tablo 8. Referans noktasına göre uzaklık ölçümleri

Bankalar	S1	S2	S3	A1	A2	A3	A4	L1	L2	K1	K2	G1
Eximbank	0,00	0,00	1,29	0,89	0,33	0,05	0,06	0,01	0,00	0,00	0,44	0,00
Kalkınma ve Yatırım Bankası	0,42	0,39	1,64	0,00	0,26	0,28	1,00	0,03	0,95	0,65	0,00	0,56
Aktifbank	0,73	0,74	0,66	0,89	0,68	0,23	0,03	0,03	0,58	0,59	0,23	0,65
Diler Bank	0,12	0,14	0,87	0,94	0,45	0,81	0,00	0,55	0,94	0,46	0,73	0,53
GSD Bank	0,38	0,27	0,78	0,48	0,44	0,79	0,54	0,67	0,88	0,28	0,63	0,19
Nurol Bank	0,66	0,64	1,74	0,15	0,64	0,63	0,84	0,19	0,65	0,92	0,87	0,69
Sinai ve Kalkınma Bankası	0,61	0,73	1,03	0,93	0,61	0,13	0,02	0,3	0,17	0,54	0,22	0,52
Bank of America	0,33	0,73	0,78	0,99	1,00	0,00	0,00	0,07	0,97	0,8	0,28	0,09
Bank Pozitif	0,58	0,66	0,00	0,97	0,00	0,4	0,04	0,57	0,95	0,9	0,76	0,56
Pasha Bank	0,13	0,19	0,16	0,28	1,00	0,69	0,71	0,68	0,97	1,89	1,63	0,52
Standart Chartered Bank	0,72	0,2	0,82	0,29	1,00	0,86	0,70	0,00	0,00	0,64	0,63	0,93

Referans noktasına (maksimum/minimum değere) uzaklıkları mutlak değerlerle hesaplanan veriler son aşamada Tchebycheff'in Min-Mak Metrik formülü ile her bir alternatifin en büyük kriterli değeri seçilmiştir (Tablo 9). Analizde kullanılan her banka için nihai analiz sonuçları Tablo 10'da sıralanmıştır.

Tablo 9. Tchebycheff'in maksimum metrik uygulanmış verileri

Bankalar	Yİ
Eximbank	0
Kalkınma ve Yatırım Bankası	1,29
Aktifbank	2
Diler Bank	1
GSD Bank	3
Nurol Bank	2
Sinai ve Kalkınma Bankası	5
Bank of America	4
Bank Pozitif	2
Pasha Bank	1
Standart Chartered Bank	4

Tablo 10. Referans noktası nihai sıralaması

<i>Bankalar</i>	<i>Sıra</i>
Eximbank	1
Kalkınma ve Yatırım Bankası	2
Aktifbank	1
Diler Bank	3
GSD Bank	2
Nurol Bank	5
Sınai ve Kalkınma Bankası	4
Bank of America	2
Bank Pozitif	1
Pasha Bank	4
Standart Chartered Bank	2

Referans noktası analizine göre 2010 yılında performans bakımından kamu bankalarından Eximbank ve yabancı bankalardan Bank Pozitif yine birinci sırada yer alırken özel sermayeli bankalardan Aktif Bank en yüksek performans gösteren banka olmuştur.

4.3. Tam Çarpım Analizi

Oran analizi ve Referans noktası yaklaşımında normalize edilen veriler kullanılmıştır. Tam çarpım analizi yönteminde ise diğer yöntemlerden farklı olarak ham veriler kullanılmaktadır (Tablo 11). Tam çarpım analizine göre maksimize edilmesi gereken ham verilerin çarpımı minimize edilmesi gereken ham verilerin çarpımına bölünmektedir.

Tablo 11. Tam çarpım analizi uygulama adımları

<i>Maximize Edilmesi Gereken Veriler Çarpımı</i>	<i>Minimize Edilmesi Gereken Veriler Çarpımı</i>	<i>Maximum/Minimum</i>
702695319111097000000,00	1,68	418271023280415000000,00
245855857143077000,00	45,40	5415327249847510,00
199759479465723,00	-0,69	-291500870035166,00
29849662120,12	0,07	426423744573,19
4042127742303,41	0,01	337819164198150,00
27380448647,07	135,63	201880593,23
115246839383732000,00	1,01	114445719348294000,00
0,00	0,00	0,00
662504002775956,00	-10,88	-60918086915566,50
0,00	-160,00	0,00
0,00	9,87	0,00

Maksimize verilerin çarpımının minimize verilerin çarpımına olan bölümleri Tablo 12'de büyükten küçüğe olmak üzere sıralanmıştır.

Tablo 12. Tam çarpım nihai sıralaması

<i>Bankalar</i>	<i>Sıra</i>
Eximbank	1
Kalkınma ve Yatırım Bankası	2
Aktifbank	5
Diler Bank	3
GSD Bank	2
Nurol Bank	4
Sınai ve Kalkınma Bankası	1
Bank of America	1
Bank Pozitif	4
Pasha Bank	3
Standart Chartered Bank	2

Tam çarpım analiz sonucuna göre performansı en yüksek kamu bankası Eximbank ilen özel sermayeli banka Sınai ve Kalkınma bankası ve yabancı sermayeli banka Bank of America olmuştur. Analizin son kısmında ise üç MOORA analiz yöntemi sonuçları ve baskınlık teoremi kullanılarak MULTIMOORA sonuçları elde edilmiştir (Tablo 13).

Tablo 13. Baskınlık teorisine göre 2010 yılı nihai sıralama

<i>Bankalar</i>	<i>Oran</i>	<i>Referans Noktası</i>	<i>Tam Çarpan</i>	<i>Baskınlık</i>
Eximbank	1	1	1	1
Kalkınma ve Yatırım Bankası	2	2	2	2
Aktifbank	2	1	5	4
Diler Bank	4	3	3	3
GSD Bank	3	2	2	2
Nurol Bank	5	5	4	5
Sınai ve Kalkınma Bankası	1	4	1	1
Bank of America	2	2	1	2
Bank Pozitif	1	1	4	1
Pasha Bank	4	4	3	4
Standart Chartered Bank	3	2	2	3

Baskınlık teorisine göre bakıldığında Eximbank 2010 yılı verilerine göre performansı en yüksek kalkınma ve yatırım bankası olarak görülmektedir. Özel sermayeli bankalardan Sınai ve Kalkınma Bankası ile yabancı bankalardan Bank Pozitif ise yine birinci sırada yer almışlardır. Baskınlık yöntemine göre kalkınma ve yatırım bankalarının yıllar itibarıyla performans sıralamaları Tablo 14'te yer gösterilmiştir.

Tablo 14. Baskınlık teorisine göre yıllar itibarıyla bankaların performans sıralaması (sermaye sahipliğine göre)

<i>Bankalar</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>
Eximbank	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1
Kalkınma ve Yatırım Bankası	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2
Aktifbank	4	2	1	3	3	4	3	1	2	3	4
Diler Bank	3	3	2	4	1	2	2	3	4	1	2
GSD Bank	2	5	5	1	5	5	4	4	1	2	3
Nurol Bank	5	4	4	5	4	3	5	5	3	3	5
Sınai ve Kalkınma Bankası	1	1	3	2	2	1	1	2	5	5	1
Bank of America	2	1	2	4	2	1	2	1	1	1	2
Bank Pozitif	1	4	1	1	4	4	3	4	4	3	4
Pasha Bank	4	3	4	3	3	3	1	3	3	4	3
Standart Chartered Bank	3	2	3	2	1	2	4	2	2	2	1

Tablo 14'e göre Eximbank kamu bankaları arasında performans sıralamasında incelenen on yıllık süreçte Kalkınma ve Yatırım Bankası'na göre daha iyi performans sergilemiştir. Özel bankalarda ise en iyi performans Sınai ve Kalkınma Bankası'na aitken yabancı bankalarda Bank of America birinci sırada yer almıştır.

İlgili literatür tarandığında ÇKKV yöntemlerinden farklı modellerin kullanılarak Türkiye'de faaliyet gösteren kalkınma ve yatırım bankalarının analiz edildiği az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan MULTIMOORA yöntemi mevcut olan çalışmalarda kullanılan farklı yöntemlerle farklı açılardan mukayese edilmesine örnek nitelikte düşünülebilir. Ayrıca incelenen bankaların sermaye sahipliğine göre (kamu sermayeli, özel sermayeli ve yabancı bankalar) sınıflandırılarak analiz edildiği başka bir çalışmanın da olmaması konunun önemini artıran diğer önemli bir husustur. Bununla beraber analiz söz konusu bankaları sınıflandırmaya tabi tutulmadan toplu olarak performans sıralaması yapılabilmesi için de ayrıca yenilenmiştir (Tablo 15). Çalışmada kullanılan rasyolar literatürde görülen performans kriterlerine ek olarak konusunda uzman kişilerin görüşleri alınarak seçilmiş olup bundan sonra yapılacak çalışmalar için yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Tablo 15. Baskınlık teorisine göre yıllar itibariyle bankaların performans sıralaması

Bankalar	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Aktifbank	5	8	10	6	8	8	5	6	8	6	8
Bank Pozitif	8	9	7	7	7	11	9	11	5	9	11
Diler Bank	4	5	2	2	2	4	10	4	6	4	5
GSD Bank	9	10	8	4	9	6	6	7	3	5	6
Bank of Amerika	6	4	4	3	1	1	2	2	1	1	1
Nurol Bank	11	7	9	11	11	10	11	8	9	10	9
Pasha Bank	10	11	11	10	6	7	7	10	11	11	10
Kalkınma ve Yatırım Bankası	7	6	6	8	10	2	3	5	4	8	7
Sinai ve Kalkınma Bankası	2	2	3	5	5	5	4	3	7	7	3
Eximbank	1	3	5	1	3	3	1	1	2	2	2
Standart Chartered Bank	3	1	1	9	4	9	8	9	10	3	4

Tablo 15'te çalışmada kalkınma ve yatırım bankalarının performansları sermaye sahipliğine göre üç grupta incelendikten sonra, ayrıca toplu olarak da analize tabi tutulmuştur. Performans sıralamasına göre Türkiye'de faaliyet gösteren 11 kalkınma ve yatırım bankasından 2010-2020 yılları arasında en iyi performans gösteren banka Eximbank olup hemen ardından gelen banka Bank of America'dır. Nurol Bank ve Pasha Bank ise aynı süreçte en kötü performans sergileyen bankalar olmuşlardır.

5.SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Kalkınma ve yatırım bankaları gelişmekte olan ülkelerde endüstriyel gelişmeyi hızlandıran dolayısıyla ekonomik büyümeye katkısı olan bankacılık sisteminin en önemli aktörlerindedir. Ayrıca sermaye piyasalarının gelişimine de önemli katkıları bulunmaktadır. Kalkınma ve yatırım bankaları hukuki yapıları bakımından birbirlerine benzeyen ve birbirlerini tamamlayan bankacılık türlerinden olmalarına rağmen faaliyet konuları ve işlevleri bakımından birbirlerinden farklılaşmaktadırlar. Kalkınma bankaları genellikle gelişmekte olan ülkelerde yatırımcılara kalkınma hedefleri doğrultusunda fon ihtiyacı sağlarken, yatırım bankaları gelişmiş ülkelerde âtil fonların değerlendirilmesinde aracılık ve danışmanlık hizmetleri sunarlar. Ancak her iki banka türü de ekonomik büyüme ve sosyal gelişme için önemli bir konuma sahiptir. Böyle önemli konuma sahip finansal kuruluşların ise belirli dönemler itibariyle performanslarının ölçülmesi ve verimliliğinin değerlendirilmesi banka hissedarları, yönetimi ve düzenleyici otoriteler için önem arz etmektedir.

Bu çalışmada 11 kalkınma ve yatırım bankasının performansı 2010-2020 tarihleri arası verilerle karşılaştırılmak amacıyla analiz edilmiştir. Çalışmada kalkınma ve yatırım bankalarına ait Sermaye Yeterlilik Oranları, Özkaynaklar/Toplam Varlıklar, (Net Bilanço Pozisyonu + Net Nazım Hesap Pozisyonu)/Özkaynaklar, Yabancı Kaynaklar/Özkaynaklar, Ayrılan Kredi Karşılıkları/Toplam Krediler, Toplam Krediler/Toplam Varlıklar, Finansal Varlıklar (Net)/Toplam Varlıklar, Takipteki Krediler/Toplam Krediler, Likit Aktifler/Toplam Aktifler, Likit Aktifler/Kısa Vadeli Yükümlülükler, Ortalama Aktif Karlılığı, Ortalama Özkaynak Karlılığı, Faiz Gelirleri/Faiz Giderleri, Faiz Dışı Gelirler (Net)/Diğer Faaliyet Giderleri, Toplam Krediler ve Alacaklar, Toplam Varlıklar (Toplam Aktifler), Bilanço Dışı Yükümlülük Kaldırıcı olmak üzere 17 adet rasyo seçilmiştir. Rasyolar seçilirken bankaların faaliyetlerine devam edebilmesi için BDDK tarafından takip edilen ve performans göstergesi olarak bilgi veren oranlara yer verilmiştir. Ayrıca çalışmada söz konusu 17 rasyo sermaye gücü, aktif kalitesi, likidite, kârlılık, gelir-gider yapısı, sektör payları ve bilanço dışı yapısı olmak üzere 7 ayrı grupta toplanmıştır.

Performansları ölçülen bankalar sermaye sahipliğine göre kamu sermayeli, özel sermayeli ve yabancı sermayeli bankalar olarak üç grupta analiz edilmiş olup ayrıca bankalar toplu olarak da analize tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarına bakıldığında kalkınma ve yatırım bankalarının performanslarında izlenen dönemler itibariyle istikrarlı bir seyir izlemediği görülmektedir. Ancak hem sermaye sahipliğine göre hem de toplu halde incelenen bankaların analiz sonuçlarının çok yakın sonuç verdiği göz önüne alındığında ise kullanılan yöntemin tutarlı ve güvenilir olduğu sonucuna varılabilir.

Analiz sonuçları incelendiğinde kamu sermayeli Türk Eximbank'ın her iki analizde de en iyi performansı gösteren banka olduğu görülmektedir. Bu sonuç Işık (2020) ile paraleldir. Karadağ Ak ve

diğerleri (2022) çalışmasıyla uyumlu olarak America Yatırım Bank A.Ş. grubunda en iyi performansı gösteren yabancı sermayeli banka durumundadır. Bank of America Yatırım Bankası özellikle 2013 yılından itibaren performans sıralamasında ilk üçe girmiş ve günümüze kadar bu seviyesini korumuştur. Özel sermayeli bankalardan Sınai ve Kalkınma Bankası ise sermaye sahipliğine göre analize tabi tutulduğunda ilk sırada performans sergilerken grup olarak analize tabi tutulduğunda üçüncü sırada performansa sahiptir. İncelenen dönemlerde performansı en zayıf bankalar ise her iki analizde de yabancı sermayeli bankalardan Pasha Yatırım Bankası A.Ş. ve özel sermayeli bankalardan Nurol Yatırım Bankası A.Ş. olmuştur.

Türkiye’de faaliyet gösteren kalkınma ve yatırım bankalarının sayısı olarak az olması ve söz konusu bankaların toplam payının bankacılık sektöründeki payın %6,8’i olması bu çalışmanın kısıtını oluşturmaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı performans ölçme tekniklerinin kullanılarak karşılaştırılma yapılması mümkün olabilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Asuman Erben Yavuz: Literatür taraması, Modelleme, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak Adalet Hazar: Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme Şenol Babuşcu: Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme
Asuman Erben Yavuz: Literature review, Modelling, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft Adalet Hazar: Writing-review and editing Şenol Babuşcu: Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi’nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Akbulak, Y. (2021). "Batmayacak Kadar Büyük- Too Big To Fail Kuralı", <https://legal.com.tr/blog/genel/batmayacak-kadar-buyuk-too-big-to-fail-kurali/> (Erişim Tarihi: 01.03.2022).
- Aksoy, E., Ömürbek, N. ve Karaatlı, M. (2015). "AHP Temelli Multimoora ve Copras Yöntemi ile Türkiye Kömür İşletmeleri'nin Performans Değerlendirmesi", *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1-28.
- Amsden, A. H. (1989). "Asia'a Next Giant: South Korea and Late Industrialization", Oxford University Press, New York.
- Anık, M. (2019). "Kalkınma ve Yatırım Bankalarının Sosyoekonomik Kalkınmadaki Rolü ve Bir Örnek Olay İncelemesi", (Yayınlanmamış Y.L.Tezi), Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Arslan, S. ve Belgin, Ö. (2020). "Yüksek ve Orta-Yüksek Teknoloji Alanındaki Sektörlerin Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Önceliklendirilmesi", *Verimlilik Dergisi* 4, 7-23.
- Arslankaya, S. ve Göraltay, K. (2019). "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Güncel Yaklaşımlar", İksad Yayınevi, Ankara.
- Athanasoglou, P., Brissimis, S. ve Delis, M. (2008). "Bank-Specific, Industry-Specific and Macroeconomic Determinants of Bank Profitability", *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, 121-136.
- Ayçin, E. (2020). "Çok Kriterli Karar Verme Bilgisayar Uygulamalı Çözümler". Nobel Yayınevi, Ankara, 201-217.
- Baig, M.A., Usman, M. A. ve Baig, M.O. (2014). "Assessing the Financial Performance of Investment Banks in Pakistan During the Current Financial Crisis", *The Lahore Journal of Business* 2: 2, 67-88.
- Balezentis, T. ve Balezentis, A. (2014). "A Survey on Development and Applications of the Multi-Criteria Decision Making Method Multimoora", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis Journal*, 21, 209-222.
- BDDK (Bankacılık Denetleme ve Düzenleme Kurumu), (2022). www.bddk.gov.tr, (Erişim Tarihi: 15.01.2022).
- Brauers, W. K. M. ve Zavadskas, E. K. (2011). "MULTIMOORA Optimization Used to Decide on A Bank Loan to Buy Property". *Technological and Economic Development of Economy*, 17, 174-188.
- Brauers, W., Karel, W. ve Zavadskas, E. K. (2009). "Robustness of the Multi-Objective MOORA Method with A Test For the Facilities Sector", *Technological and Economic Development of Economy*, 15(2), 352-375.
- Brauers, W., Karel, W. ve Zavadskas, E.K. (2006). "The Moora Method and Its Application to Privatization in a Transition Economy", *Control and Cybernetics. Informatica*, 35(2), 445-469.
- Bruck, N. (1998). "The Role of Development Banks in the Twenty-First Century", *Journal of Emerging Markets*, 3, 39-67.
- Ceyhan, İ. ve Demirci, F. (2017). "MULTIMOORA Yöntemiyle Finansal Performans Ölçümü: Leasing Şirketlerinde Bir Uygulama", *Bartın Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 8(15), 277-296.
- De Luna-Martínez, J. ve Leonardo Vicente, C. (2012). "Global Survey of Development Banks", World Bank Policy Research Working Paper No. 5969, The World Bank, Washington DC.
- De Ollóqui, F. (2013). "Public Development Banks: Toward A New Paradigm?", Inter-American Development Bank, Washington DC.
- Dinçer, H. ve Görener, A. (2011). "Analitik Hiyerarşi Süreci ve VIKOR Tekniği ile Dinamik Performans Analizi: Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 109-127.
- Dünya Bankası (1997). "The International Bank for Reconstruction and Development Report", <https://documents1.worldbank.org/curated/pt/367111468286478318/pdf/846840BR0A9R8A00PUBLIC00CG199700029.pdf>, (Erişim Tarihi: 07.02.2022).
- Dünya Bankası (2008). "The International Bank for Reconstruction and Development Report", <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/4048915766217622980340022019/original/IBRDGDIFProspectus2008.pdf>, (Erişim Tarihi: 07.02.2022).
- Fleuriet, M. (2011). "Investment Banking Explained: An Insider's Guide to the Industry", New York, McGraw Hill.
- Gutierrez, E., Rudolph, H., Homa, T. ve Beneitl, E.B. (2011). "Development Banks: Role and Mechanisms to Increase their Efficiency", Policy Research Working Paper 5729, The World Bank, Washington DC.
- Güler, M., Doğan, Ö.İ. ve Erdem, S. (2017). "Sağlık Kuruluşları Performansının Veri Zarflama Analizi ile İncelenmesi ve Bir Uygulama". *Verimlilik Dergisi*, 4, 169-185.
- Hamurcu, M., Eren, T. (2015). "Ankara Büyükşehir Belediyesi'nde Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Monoray Güzergah Seçimi", *Transist 8. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, Aralık 2015, İstanbul.
- Işık, Ö. (2020). "SD Tabanlı Mabac ve Waspas Yöntemleriyle Kamu Sermayeli Kalkınma ve Yatırım Bankalarının Performans Analizi", *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 29, 61-78.

- Karadağ Ak, Ö., Hazar, A. ve Babuşcu, Ş. (2022). "Evaluation of the Financial Performance of Development and Investment Banks with Entropy-ARAS Method", *Macroeconomics And Finance in Emerging Market Economies*, DOI: 10.1080/17520843.2022.2035523
- Koch, T.W. ve MacDonald S, S. (2009). "Bank Management", South-Western Cengage Learning, Mason.
- Koç, S., Bağcı, A. ve Işık, K.C. (2016). "Kalkınma ve Yatırım Bankalarının Performansları Açısından Değerlendirilmesi: Türkiye Ölçeği (2002-2012)", *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1), 227-256.
- Korucuk, S. (2019). "Üretim İşletmelerinde Verimliliğin Önündeki Engellerin ve Verim Artırıcı Tekniklerin Bütünleşik Ahp-Topsis ile Sıralanması: Erzurum İli Örneği", *Verimlilik Dergisi*, 1, 219-241.
- Maya, R. ve Eren, T. (2018). "Türk Gıda Sektörünün Finansal Performans Analizinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Yapılması", *Verimlilik Dergisi*, (3), 31-60.
- Memiş, S. ve Korucuk, S. (2022). "Hızlı Yemek (Fast Food) Sektöründe Pazarlama İnovasyon Kriterlerinin Belirlenmesi Ve Firma Seçimi: Giresun İli Uygulaması", *Verimlilik Dergisi*, 1, 47-59.
- Mustafayeva, Z. (2020). "Yatırım ve Kalkınma Bankalarının Performans Analizi 2013-2018 Dönemi", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Ömürbek, N. ve Özcan, A. (2016). "Bist'de İşlem Gören Sigorta Şirketlerinin Multimoora Yöntemiyle Performans Ölçümü", *Uluslararası İşletme, Ekonomi ve Yönetim Perspektifleri Dergisi*, 65-75.
- Özgür, E. (2021). "Kalkınma ve Yatırım Bankalarının CAMELS Analizi Yöntemiyle Finansal Performanslarının Değerlendirilmesi", *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 13(4), 3206-3221.
- Öztürk, H. ve Gültekin-Karakas, D., Hisarcıklılar, M. (2010). "The Role of Development Banking in Promoting Industrialization in Turkey", *Region et Développement*, 32-2010, 153-178.
- Petroviç, J., (2013). "The Effects of State Development Banks on the Performance of Small and Medium Enterprises", *Economic Themes*, 56(3): 389-411.
- Raza, A., Farhan, M. ve Akram, M. (2011). "A Comparison of Financial Performance in Investment Banking Sector in Pakistan", *International Journal of Business and Social Science*, 2(9), 72- 81.
- TBB (Türkiye Bankalar Birliği), (2022). www.tbb.gov.tr, (Erişim Tarihi: 07.02.2022).
- Türkiye Bankalar Birliği. (2020). "İstatistiki Raporlar", <http://www.tbb.org.tr>, (Erişim tarihi: 19.02.2022).
- Türkoğlu, S.P. (2019). "ARAS Yöntemiyle Avrupa Ülkelerinin Bilim ve Teknoloji Performanslarının Sıralanması", *Verimlilik Dergisi*, 1, 69-81.
- Uçar, D. (2022). "Türk Bankacılık Sektöründe Yer Alan 13 Büyük Bankanın 2010-2020 Dönemine İlişkin Multimoora Analizi". (Yayınlanmamış Y.L.Tezi), Başkent Üniversitesi, Ankara.
- Uslu, A., Türk, M., Ertaş, F.C. (2019). "Türkiye'de ki Mevduat Bankalarının CAMELS Performans Analizi", *Business and Management Studies: An International Journal*, 7(3), 122-139.
- Yasir, S., Ud-din, K., Hassan, Y. (2011). "Economic performance review of commercial and investment banking in Pakistan (2001-2010)", *International Journal of Global Management Studies Professional*, 3(2), 54-76.
- Yeyati, E.L., Micco, A., Panizza, U. (2004). "Should the Government be in the Banking Business? The Role of State-Owned and Development Banks", Inter-American Development Bank, Washington DC.

Isı Rezistans Fabrikasında Ergonomik Risk Değerlendirme ve Hedef Programlama ile Personel Planlama

Dilara Nur DEMİRTAŞ¹, Emre YAZICI², Halenur OLCAR³, Fatma Nur KUŞÇU⁴, Ceren BAŞER⁵, Hacı Mehmet ALAKAŞ⁶

ÖZET

Amaç: Personellerin çalışma hayatlarının ve ortamlarının iyileştirilmesi için ergonomik risk oluşturan iş ve ortamların iyileştirilmesi personelin verimini artırmaktadır. Bu çalışmada ısı rezistans üretimi yapan bir fabrikada üretim süreci incelenip ergonomik risk değerlendirilmesi yapılmıştır.

Yöntem: Ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden olan REBA, NIOSH, OWAS ve OCRA yöntemleri kullanılarak riskli çalışma duruşlarının olduğu görevlerin tespit edilmiştir. Ardından ergonomik faktörleri dikkate alarak bu görevlerde çalışacak personelin atanması problemi ele alınmıştır.

Bulgular: Ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin sonuçlarına göre yük kaldırma, taşıma süreçleri ve çalışma ortamının ergonomik kurallara göre düzenlenmesi şeklinde iyileştirme önerileri sunulmuş ve personelin görev çizelgesi oluşturulmuştur.

Özgünlük: Çalışmada hem görevlerin ergonomik riskini hem de personellerini isteklerini dikkate alan özgün bir hedef programlama modeli önerilmiştir. Gerçek bir hayat problemine özgü olarak çözüm sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ergonomik Risk Değerlendirme, Hedef Programlama, Personel Planlama, REBA, OWAS, NIOSH, OCRA.

JEL Kodları: C02, C61, J28.

Ergonomic Risk Assessment and Personnel Planning with Goal Programming in Heat Resistance Factory

ABSTRACT

Purpose: Improving the work and environments that pose ergonomic risks to improve the working lives and environments of the personnel increases the productivity of the personnel. In this study, the production process was examined and ergonomic risk assessment was made in a factory producing heat resistance.

Methodology: Tasks with risky working postures were determined using REBA, NIOSH, OWAS, and OCRA methods which are the ergonomic risk assessment methods. Ardından ergonomik faktörleri dikkate alarak bu görevlerde çalışacak personelin atanması problemi ele alınmıştır.

Findings: According to the results of ergonomic risk assessment methods, improvement suggestions were presented in the form of load lifting, transportation processes and arrangement of the working environment according to ergonomic rules and the task schedule of the personnel was created.

Originality: In the study, a unique goal programming model has been proposed that considers both the tasks' ergonomic risks and the personnel's wishes. At the same time, a solution specific to a real-life problem is presented.

Keywords: Ergonomic Risk Assessment, Goal Programming, Personnel Planning, REBA, OWAS, NIOSH, OCRA.

JEL Codes: C02, C61, J28.

¹ Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye, dnurdemirtas9@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1758-0831.

² Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye, 198800001@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3661-2119

³ Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye, halenurolcr98@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2202-0021.

⁴ Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye, fatmanur_kuscu@outlook.com, ORCID: 0000-0001-5199-0831.

⁵ Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye, baserceren123@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8942-8377.

⁶ Doç. Dr., Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye, hmalagas@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9874-7588 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

DOI: 10.51551/verimlilik.1050109

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 31.12.2021 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 03.11.2022

Atf: Demirtaş, N.D., Yazıcı E., Olcar H., Kuşçu, F.N., Başer C. ve Alakaş, H.M. (2023) "Isı Rezistans Fabrikasında Ergonomik Risk Değerlendirme ve Hedef Programlama ile Personel Planlama", *Verimlilik Dergisi*, 57(1), 1-22.

EXTENDED ABSTRACT

Ergonomic risks refer to various physical and mental risks that individuals are exposed to in their lives. One of the essential areas where these risks arise is work life. Ergonomic risks that occur in work life are among the factors that can negatively affect the working performance of the personnel and reduce their productivity of the personnel. Ergonomic risk assessment methods are used to identify and eliminate or reduce these risks.

This study focuses on improving the work environments that create ergonomic risks for improving the working lives and environments of the personnel. This study it is aimed to examine the production process in a factory that produces heat resistance and to make an ergonomic risk assessment. Then, it is aimed to establish a goal programming model that aims to assign the personnel to the tasks in a balanced way.

Using REBA, NIOSH, OWAS, and OCRA, ergonomic risk assessment methods, tasks with challenging working postures were determined. Then, the goal programming method was used to assign the personnel to work on these tasks, considering the ergonomic factors.

According to the ergonomic risk assessment methods results, improvement suggestions were presented in the form of arranging the load lifting, carrying processes, and working environment according to ergonomic rules. As a result of the improvements, ergonomic risk levels were reduced to negligible levels, increasing the efficiency of the enterprise and a balanced distribution of working conditions and ergonomic risk factors. Personnel was assigned to the tasks with the goal programming method. In assignments, the maximum and minimum time limit for a staff member, the maximum number of assignments, and the constraints to equalize REBA scores were taken into account. The task schedule of the personnel has been created.

In the study, a unique goal programming model has been proposed that considers both the tasks' ergonomic risks and the personnel's wishes. At the same time, a solution specific to a real-life problem is presented. In the study, the physical ergonomic risks of the personnel were taken into account, but the mental ergonomic factors and environmental factors were not taken into account. It is recommended to consider mental ergonomic factors and environmental ergonomic factors in future studies.

1.GİRİŞ

Ergonomik faktörler sanayileşen dünya ekonomisiyle beraber hayatın her alanında önemli bir yere sahip olmuştur. Akla gelen ve gelebilecek bütün sektörlerin içerisinde ergonomi planlanması projelerin ilk adımlarından olmuştur. Ergonominin amaçları arasında iş ve işçi sağlığının korunması, yorulma ve iş stresinin azaltılarak işin verimliliğinin artması, gereksiz iş gücü kaybını önlemek ve kalite düzeyini arttırmak bulunur.

Ergonomide insan faktörü ön planda tutulmaktadır. Çalışma ortamının çalışana göre düzenlenmesi son derece önemlidir. İşe bağlı kas iskelet hastalıkları (İKİH), özellikle sanayileşmiş ülkelerde çokça karşımıza çıkan sağlık sorunlarından birisidir (Delice ve diğerleri, 2018). Kas iskelet hastalıklarını önlemek için özellikle boyun, sırt ve omuz bölgelerine dikkat edilmelidir. Bu bölgelerin ergonomik analizi ergonomik risk değerlendirme yöntemleri ile yapılmaktadır. Ergonomik sorunlar değerlendirilirken yapılan iş dikkate alınarak değerlendirme yöntemi seçilmektedir. Ergonomik risk değerlendirilmesi sonucunda çalışma ortamı iyileştirilmeli ve çalışma ortamında yapılan düzenlemelerle iş yükünün hafifletilmesi sağlanmalıdır. Böylelikle risk faktörleri ortadan kalkacak, çalışanların sağlığı korunacak ve işletmede verimlilik artacaktır.

Ergonomik personel çizelgeleme personellerin iş yükünün dengelenmesini sağlarken ergonomik faktörleri dikkate alan bir personel çizelgeleme problemidir. İş yükünün doğru planlanması personellerde kas-iskelet problemlerini önler, üretim sürecinin verimliliğini artırır. Doğru iş yükü planlamasının oluşturulmaması iş yükü dengesini bozarak işçiler ve işveren için memnuniyetsizliklere neden olabilir. (Bedir ve diğerleri, 2017) Çalışma ortamı, ekipmanların doğru kullanımı ve işçilerin ruhsal ve fiziksel yapısı bir bütündür. Birbiriyle olan uyumun yakalanması ergonomik düzenlemelerle sağlanabilir. Sonuç olarak her personel ergonomik açıdan dengeli çalışmalı ve yetkinliği olan işleri yapmalıdır. Bu çalışmada görevlerin ergonomik riskleri dört farklı ergonomik risk değerlendirme yöntemine göre değerlendirilmiştir. Ardından ise REBA (Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi) yöntemlerini ve personelin diğer çalışma şartlarını da dikkate alarak personel ataması yapılmıştır. Bu bağlamda literatürdeki ergonomik unsurları dikkate alan çalışmalardan farklı olarak personel atamalarında ergonomik faktörlerin dışındaki kısıtları dikkate alarak hem de ergonomik riskleri minimize edecek bir model sunarak literatürdeki diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Çalışmada ısı rezistans üretimi yapan bir firmada personellerin çalışırken duruş pozisyonları, kaldırdığı yük, çalışma ortamı ve tekrarlayan işlemlerden dolayı riskler gözlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada personellere eşit iş yükü atanması ve yetkinliklerine uygun işlere verilmesi gerektiği gözlenmiştir. Firmadaki personellerin çalışırken yaşadığı ergonomik risklerin belirlenmesinde REBA, NIOSH (Ulusal Mesleki Sağlık ve Güvenlik Enstitüsü), OWAS (Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi), OCRA (Mesleki Tekrarlayan Eylem) yöntemleri kullanılmıştır. Personellere eşit iş yükü atanması ve yetkinliklere uygun işlerde çalışmasının sağlanması içinse hedef programlama yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmada ergonomik faktörler dikkate alınarak, sistemin işleyişinde ergonomik faktörlerin analiz edilmesi ve ergonomik risklerin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Personellerin çalışma esnasında maruz kalabileceği yaranama unsurlarını dikkate alarak iş sağlığı ve güvenliği açısından daha ergonomik bir çalışma ortamının oluşturulması hedeflenmektedir. Aynı zamanda çalışanların performans ve üretim kalitesinin artırılması için personel atamasının ergonomik faktörleri de dikkate alacak her görev için personel yetkinlikleri belirlenmiş ve hedef programlama modelinde bu yetkinlikler modele dahil edilerek görevlerin yetkinliklere göre atanması amaçlanmıştır.

Bu amaçlar ile çalışmada dört farklı ergonomik risk değerlendirme yöntemi kullanarak detaylı bir analiz yapılmış ve analiz sonucuna göre iyileştirme önerileri sunulmuştur. Ardından personellerin işlere atanmasında ergonomik faktörlerin dikkate alınarak atanması için bir hedef programlama modeli kurulmuştur. Hedef programlama modelinde ergonomik risk faktörü değerlendirmeleri neticesinde elde edilen REBA puanlarının her personel için eşitlenmesini sağlayacak hedef kısıtları belirlenmiştir. Aynı zamanda personellerin her görev için yetkinlikleri belirlenmiş ve böylelikle hem ergonomik faktörler hem de personelin yetkinlikleri birlikte dikkate alınmıştır. Bu yönüyle çalışma literatürden ayrılmakta ve literatüre katkı sağlamaktadır.

Çalışmanın giriş bölümünde çalışma ve konu hakkında genel bilgiler verildikten sonra ikinci bölümde literatür araştırması yer almaktadır. Çalışmada ele alınan problemin çözümünde kullanılan yöntemler çalışmanın üçüncü bölümünü oluşturmaktadır. Çalışmanın dördüncü bölümünde problemin çözümünü ve hedef programlama modelini kapsayan uygulama ve çözüm sonuçları yer almaktadır. Son bölümde ise sonuç ve değerlendirme yer almaktadır.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İş ve günlük yaşam aktivitelerinde görev talepleri ve insan kapasiteleri arasındaki boşlukları en aza indirmek için işyerindeki insanlar üzerinde birçok çalışma yapılmıştır. Çalışma ortamında; gürültü, titreşim, termal konfor, aydınlatma, kimyasallar, tozlar, makine ve teçhizatlar, çalışandan kaynaklı faktörler, işe ilişkin bilgiler, işletme yapısına bağlı gözlemler ve işletme yönetimi ergonomik yönden ele alınmıştır. Felekoğlu ve Taşan (2017), ergonomik risk değerlendirme sürecinin daha kolay ve doğru yönetilmesini desteklemeye yönelik reaktif ve proaktif bakış açılarını uyum içerisinde kapsayan bütünlük bir ergonomik risk değerlendirme yaklaşımı geliştirilmiştir. Ergonomik risk değerlendirmesi son yıllarda tekstil sektöründe de ele alınmıştır. Aksüt ve diğerleri (2021), çalışmalarında tekstil sektör çalışanlarının maruz kaldığı ergonomik riskler analitik ağ süreci ile değerlendirmiştir. Tekstil fabrikasındaki kadınların ergonomik risklerinin çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Ergonomik riskleri değerlendirmek için birbirinden farklı özellikte pek çok yöntem bulunmaktadır. Hignett ve McAtamney (2000), duruş analizi aracı için REBA incelenmiştir. Kahraman (2012), REBA yönteminin yanında RULA (Hızlı Üst Vücut Değerlendirme), SI (Zorlanma İndeksi) gibi ergonomik risk değerlendirme yöntemlerini AHP yöntemi ile ağırlıklandırmış ve bütünlük bir model risk ölçüm modeli geliştirmiştir. Delice ve diğerleri (2018), bir tüp üretim firmasında ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden REBA yöntemine ek olarak OWAS, MANTRA (Elle Yapılan Görevler için Risk Değerlendirme Aracı) ve QEC (Hızlı Maruziyet Değerlendirme) yöntemlerini kullanmışlardır. Aynı zamanda AHP yöntemini kullanarak da bütünlük bir risk değerlendirme gerçekleştirmişlerdir. Akay ve diğerleri (2003), hatalı duruşların neden olduğu meslek hastalıklarını engellemek için OWAS yöntemini oto servis istasyonlarında uygulamışlardır. İyileştirme için metotlar sunmuşlardır. Mobilya sektöründe de bu yöntemleri ele alan birçok araştırma vardır. Bunlardan Koç ve Testik (2016), OWAS, REBA, QEC, MANTRA yöntemlerini kullanmışlardır ve risk seviyesinin minimuma inmesi için önerilerde bulunmuşlardır. Bir diğer çalışmada ise Alici ve diğerleri (2017), OWAS, REBA, QEC, MANTRA yöntemlerine ek olarak OCRA eklenmiştir. Bu sektörde pnömatis zımbalama ve vidalama işlemlerinde ergonomik risk düzeylerini tespit etmişlerdir. Baykasoğlu ve Akyol (2014), ergonomik anlamda iyi tasarlanmamış montaj hatlarında ergonomik sorunları ortadan kaldırmak için en uygun olan OCRA yöntemiyle ergonomik risk seviyesini belirlemişler ve yeni tasarlanan montaj hattıyla kıyaslama yapmışlardır.

REBA, OWAS ve OCRA dışında NIOSH yöntemini inceleyen çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Waters ve diğerleri (1994), NIOSH 1981 yılında "Kaldırma Denklemi" (Lifting Equation) adıyla kaldırma ve taşıma işlemleriyle ilgili yol gösterici bir çalışması yayımlanmıştır. 1994 yılında yenilenerek "Revize Edilmiş NIOSH Kaldırma Denklemi için Uygulama Kılavuzu" adı altında yayımlanmıştır. Çoskun ve diğerleri (2015), bir kompresör işletmesinde 10 adet iş istasyonu için NIOSH yöntemini kullanarak risk değerlendirilmesi yapmışlardır. Sonuç olarak iyileştirme önerileri firmaya sunulmuştur ve öneriler faaliyete geçirilerek risklerin azalmasını sağlamışlardır.

Literatürde ayrıca personel atama problemini ele alan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bard ve Wan (2006), iş istasyonu grupları arasında sınırsız hareket için görev atama problemini incelemiştir. İş istasyonu grupları arasındaki ağırlıklı geçiş toplamını en aza indiren her bir işçi için ayrıştırılmış bir program geliştirilmiştir. Personel ataması için hedef programlama modeli ile Eren ve diğerleri (2017), temizlik personelinin görev çizelgelerini oluşturmuştur. 70 temizlik personelinin bir aylık çizelgesi problemi için hedef programlama modeli kurulmuştur. Modelin çözümü ILOG CPLEX Studio IDE Optimizasyon programı ile yapılmıştır. Gür ve diğerleri (2019), hedef programlama ve kısıt programlama yöntemleri ile cerrahi operasyonların planlanması için bir model önerisinde bulunmuştur. Hastane ameliyathanelerinde ekipman ve kaynakların etkin ve dengeli kullanılması amaçlanmıştır. Eren ve diğerleri (2021), hedef programlama yöntemi ile akaryakıt istasyonları tanıtımı için personel çizelgeleme problemi ele alınmıştır. 10 farklı istasyona hizmet verecek 40 personelin atama ve çizelgeleme problemi hedef programlama modeli ile çözülmüştür. Problem çözümünde IBM ILOG CPLEX Optimization Studio programı kullanılmıştır. Bedir ve diğerleri (2017), Kırıkkale'de bulunan bir mağazada vardiya çizelgeleme sorununu ele almışlardır. Çözüm için Hedef Programlama ve AHP yöntemini kullanmışlardır. Kaçmaz ve diğerleri (2020), bir cam endüstrisinde REBA yöntemini kullanarak görevlerdeki tüm vücut risk değerlendirmesini analiz etmişlerdir. Hedef programlama ile her bir göreve eşit risk seviyesinde ve personelin uygun görevlerde çalışması için atama yapılmıştır. Aksüt ve diğerleri (2022) Covid-19 döneminde bilgi teknolojilerinin kullanımının ergonomik açıdan değerlendirmesini çok kriterli karar verme yöntemleri ile gerçekleştirmiştir. İncelenen literatür Tablo 1'de özetlenmektedir.

Tablo 1. Literatür incelemesi

Yazar (Yıl)	Yöntem				Hedef Programlama	Problem tipi	
	REBA	NIOSH	OWAS	OCRA		Vücut Duruşu	Personelin Uygun Göreve Atanması
Waters ve diğerleri (1994)		✓				✓	
Hignett ve McAtamney (2000)	✓					✓	
Akay ve diğerleri (2003)			✓			✓	
Kahraman (2012)	✓					✓	
Baykasoğlu ve Demirkol Akyol (2014)				✓		✓	
Çoşkun ve diğerleri (2015)		✓				✓	
Koç ve Testik (2016)	✓		✓			✓	
Bedir ve diğerleri (2017)					✓		✓
Alıcı ve diğerleri (2017)	✓		✓	✓		✓	
Delice ve diğerleri (2018)	✓		✓			✓	
Kaçmaz ve diğerleri (2020)	✓				✓	✓	✓
Bard ve Wan (2006)					✓		✓
Gür ve diğerleri (2019)					✓		✓
Eren ve diğerleri (2017)					✓		✓
Eren ve diğerleri (2021)					✓		✓
Aksüt ve diğerleri (2021)							✓
Aksüt ve diğerleri (2022)							
Felekoğlu ve Taşan (2017)						✓	

Bu çalışmada ise öncelikle REBA, NIOSH, OCRA ve OWAS yöntemleri ile ısı rezistans fabrikasında ergonomik risk değerlendirmeye yönelik bir problem incelenmiştir. Ek olarak fabrikada düzgün işe doğru personelin atanması için REBA puanına göre hedef programlama yöntemi ile bir model önerisi sunulmuştur. Sunulan model ILOG CPLEX Studio IDE Optimizasyon programı ile çözüme kavuşturulmuştur.

Çalışmada bir üretim firmasına yönelik olarak gerçek bir hayat problemi için hedef programlama modeli önerilmiştir. Bu kapsamda önerilen model ile personellerin hem ergonomik açıdan taleplerini hem de hizmet verdikleri işletmedeki isteklerini dikkate alan bir model literatüre kazandırılmıştır. Aynı zamanda gerçek bir hayat problemine özgü olarak çözüm sunulmuştur.

3.YÖNTEM

Bu çalışmada literatürde yaygın olarak kullanılan ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden REBA, NIOSH, OWAS ve OCRA yöntemleri ele alınmıştır. Ayrıca personellerin görevlere atanmasını sağlamak için Hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler ergonomik iş değerlendirme yöntemleri ve hedef programlama olmak üzere iki ayrı başlık altında verilmiştir.

REBA yöntemi, 2000 yılında Hignett ve McAtamney tarafından vücut duruşlarını değerlendirmek üzere geliştirilmiş olup; elle yapılan kaldırma, taşıma görevlerindeki riskleri değerlendirmek için etkili bir yöntemdir.

REBA yöntemi kullanılarak dinamik hareketlerin yanı sıra statik duruşlar da değerlendirilebilmektedir (Koç, ve diğerleri, 2016).

Bu çalışmada da firmadaki dinamik hareketler ve statik duruşlar için REBA yöntemi kullanılmıştır. İşyerlerinde yük kaldırma, tutma ve taşıma çalışanları en çabuk yoran, en çok zorlayan ve en çok sağlık sorunlarına neden olan hareketlerdendir. NIOSH kaldırma denklemi yöntemi ile çalışanların yükleri kaldırma, taşıma esnasındaki ergonomik riskleri belirlenebilmektedir (Coşkun ve diğerleri, 2015).

OWAS yöntemi, çalışanın sırt, bacak ve kol duruşlarını değerlendirir. OWAS; dört sırt duruşu, yedi bacak duruşu, üç kol duruşu ile kaldırılan yükün ağırlığını değerlendiren üç yük durumu kombinasyonundan oluşan toplamda 252 (4x3x7x3) duruş ve yük kombinasyonuna sahiptir. OWAS sisteminde tanımlanmış her bir duruş birleşimi için eylem sınıfları matrisini kullanarak OWAS eylem seviyesini elde eder (Koç ve Testik, 2016).

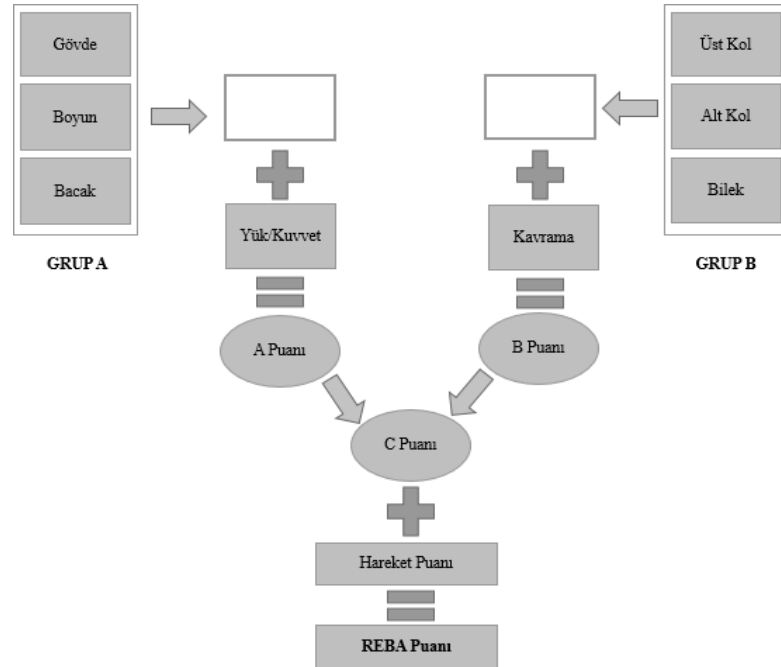
OCRA yönteminde üst vücut hareketlerinin ergonomik incelemesi yapılır. Özellikle el, bilek, dirsek ve omuz gibi temel üst vücut elemanlarının çalışma duruşları ve hareketleri OCRA indeksi ile yorumlanmaktadır (Alıcı ve diğerleri, 2017). Çalışmada üst vücut hareketlerinin ergonomik incelenmesi OCRA yöntemi ile hesaplanmıştır.

3.1. Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri

Fabrikadaki üretim süreci incelenmiştir ve tüm vücut değerlendirmesi yapılması için REBA ve OWAS, kaldırma esnasındaki ergonomik riski değerlendirmek için NIOSH ve tekrarlayan hareketlerin ergonomik riskini değerlendirmek için OCRA yöntemlerinin uygun olduğu tespit edilmiştir.

3.1.1. REBA Yöntemi

Ergonomi, insanın çalıştığı ortamla ve ekipmanlarla arasındaki ilişkidir. Bu ilişki çalışanın sağlığını ve güvenliğini, üretim kalitesini ve verimliliğini etkiler. Çalışanın emniyetli, güvenilir ve rahat çalışması için çalışma ortamının, makinelerin ve sistemin tasarımının en iyi şekilde yapılması gerekir. Çalışanın Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesinin yapılması için REBA yöntemi kullanılmıştır. REBA yöntemi ile çalışanların duruşları gözlemlenmiş ve puanlanarak analiz edilmiştir. Yöntemin Adımları Şekil 1'de verilmiştir. REBA yöntemi A ve B grupları olarak iki gruptan oluşmaktadır. A grubunda gövde, bacaklar ve boyun için puanlama yapılır, B grubunda üst kol, alt kol ve bilek değerleri puanlanır.



Şekil 1. REBA skorlama algoritması (Hignett ve McAtamney, 2000)

Çalışanın taşıdığı yüke ve ani güç uygulama durumuna bağlı olarak puan verilir ve A grubuna eklenir. Çalışanın kavrama şekline göre puan verilir ve B grubuna eklenir. A ve B grup puanları tamamlandıktan sonra ikisinin kesişiminden C puanı elde edilir. En son hareketlerin tekrarlaması durumuna göre puan olarak C grubuna puan eklenir. Her görev için REBA puanı bulunur. REBA yönteminin uygulama adımları

hakkında daha ayrıntılı bilgi edinilebilir (Koç ve diğerleri, 2016). REBA A ve B grup puanlamasına ilişkin kullanılan tablolar EK'te verilmiştir. A ve B grubu puanlaması dikkate alınarak C grubu puanı elde edilir. Ardından Şekil 1'de yer alan algoritmaya göre REBA puanı hesaplanır.

Her görev için REBA puanı hesaplandıktan sonra Çizelge 2'de verilen karar tablosu dikkate alınarak vücut duruşu veya hareketin risk düzeyi belirlenecektir. Belirlenen risk seviyesine göre önlem alınıp alınmaması gerektiğine Çizelge 2'de yer alan değerlendirmelere göre karar verilmektedir.

Tablo 2. Reba risk karar tablosu

Derece	REBA Skoru	Risk Seviyesi	Önlem
0	1	İhmal edilebilir	Gerekli değil
1	2-3	Düşük	Gerekli olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa zaman içerisinde gerekli
4	11-15	Çok yüksek	Hemen gerekli

Kaynak: Hignett ve diğerleri (2000)

3.1.2. NIOSH Yöntemi

Çalışma ortamında yük kaldırma, taşıma işlemleri, işin niteliği ve ergonomik çalışma koşullarına bağlı olarak bel ve sırt ağrılarının ve sakatlanmalara sebep olmaktadır. İşlerin elle taşınmaması için gerekli çalışma ortamının oluşturulması gerekir. Risklerin tespit edilmesi için NIOSH kaldırma denklemi yöntemi kullanılarak gerekli düzenlemelere gidilmelidir.

NIOSH kaldırma denkleminin sekiz adet parametresi vardır. Bunlar, yük sabiti (LC), yükün çalışana olan uzaklığı (H), ellerin yere göre uzaklığı (V), yükün kaldırıldığı dikey mesafe (D), yükün vücuda göre açısı (A), bir vardiya boyunca yük kaldırma sıklığı, kaldırma frekansı (F), yükün şeklinin insan eline ve elin kavrama özelliklerine göre değişiklik gösteren kavrama kalitesi (C)'dir. Bu parametrelerin çarpımı NIOSH kaldırma denklemindeki Tavsiye Edilen Ağırlık Sınırını (RWL) oluşturur. Bu denklem Eşitlik 1'de gösterilmektedir.

$$RLW = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM \quad (1)$$

Tavsiye Edilen Ağırlık Sınırı hesaplanırken Eşitlik 1'de verilen sekiz parametre NIOSH katsayı tablolardan bulunan çarpım değerlerine çevrilip çarpılmasıyla hesaplanmıştır. Riskin hesaplanabilmesi için Eşitlik 2'de verilen Kaldırma İndeksi (LI) kullanılmıştır.

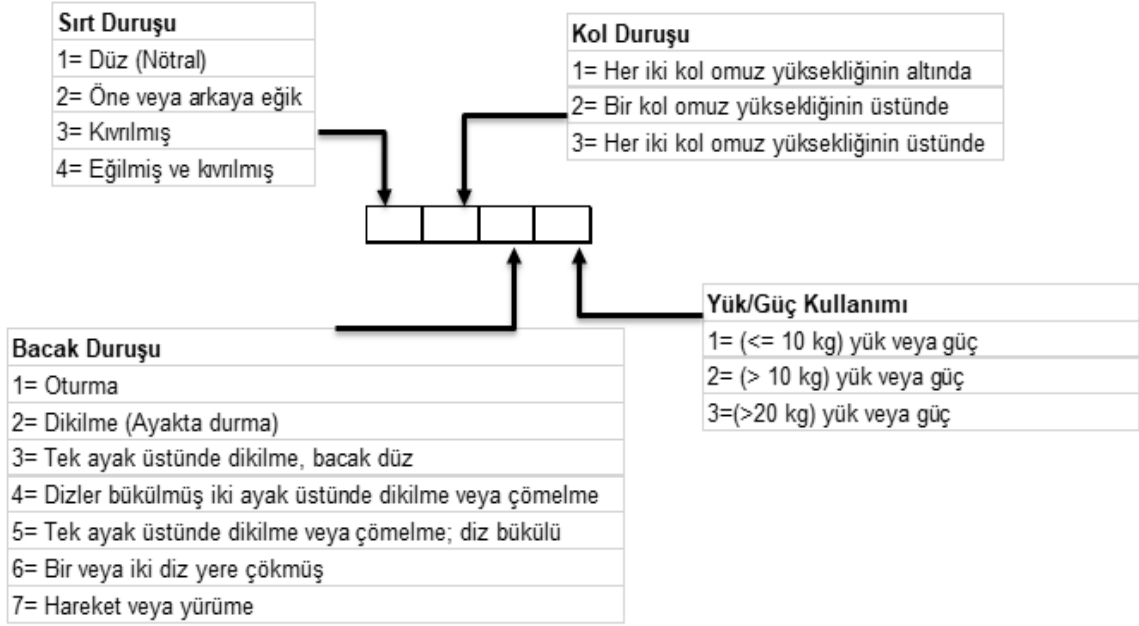
$$\frac{\text{Kaldırılan Ağırlık}}{\text{Tavsiye Edilen Ağırlık Sınırı}} \quad (2)$$

Kaldırma indeksi sonucu değerlendirilerek ergonomik çalışmaların planlamasına karar verilir. Kaldırma indeksi 1,0'ın üzerindeyse kaldırmaya bağlı bel rahatsızlıklarının artış gösterdiğini bu nedenle kaldırma indeksini azaltıcı çalışmalar yapılması gerektiğini gösterir. 1,0 ile 3,0 arasında olması yapılan işin tehlikeli olduğunu ve ergonomik çalışmaların gerekli olduğunu gösterir. 3,0'ın üzerinde olması ise işin çok tehlikeli olduğunu ve acil bir şekilde düzenlemeye gidilmesi gerektiğini belirtir (Waters ve diğerleri, 1994). NIOSH yöntemi hakkında daha ayrıntılı bilgi Coşkun ve diğerleri (2015)'in çalışmalarında edinilebilir.

3.1.3. OWAS Yöntemi

Çalışma alanlarında ergonomik bakımından uygun olmayan ve yanlış duruş sonucu çalışanlarda ortaya çıkan birçok sağlık sorunu meydana gelir. OWAS yöntemiyle duruşlar sınıflandırılır ve çalışana rahatsız eden unsurları ortadan kaldırmak için tasarıma yönelik çalışmalar yapılır.

OWAS yöntemini uygulayan kişi çalışanın, çalışma esnasında yapılan hareketlerini incelerken (vücut, sırt, bacak ve kol duruş) aynı zamanda duruş süresini de göz önünde bulundurur. Çalışma duruşları Şekil 2'de gösterilen 4 aşamalı incelenmektedir.



Şekil 2.Vücut duruş (Koç ve diğerleri, 2016)

Şekil 2’de yer alan incelemeler yapıldıktan sonra Tablo 3’deki gibi OWAS tablosu oluşturulur.

Tablo 3. OWAS yöntemi tablosu

		1		2			3			4			5			6			7			
Sırt	Kollar	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4

Kaynak: Koç ve diğerleri (2016)

Oluşturulan tablo ışığında OWAS yöntemine göre eylem sınıfı belirlenir. Buna göre de tehlike derecesi ve öncelikle hangi eylemin uygulanması gerektiği belirlenir sonra da uygulanır. Eylem sınıflarının oluşturulmasında Tablo 4’ten yararlanır.

Tablo 3. OWAS yöntemi için eylem sınıfı

Kod	Eylem Sınıfı	Açıklama
1	Normal duruş	Ergonomik düzeltme gerekli değil.
2	Zorlama fazla değil	Ergonomik düzenleme yakın bir zamanda yapılmalıdır.
3	Yükleme ve zorlama fazla	Ergonomik düzenleme mümkün oldukça erken yapılmalıdır.
4	Yükleme ve zorlama çok fazla	Ergonomik düzenleme derhal yapılmalıdır.

Kaynak: Koç ve diğerleri (2016)

3.1.4. OCRA Yöntemi

OCRA yönteminde üst vücut hareketlerinin ergonomik incelemesi yapılır. Montaj hattı gibi işçinin gün boyu aynı işleri tekrarlı yaptığı durumlar için ergonomik risk analizi yapılırken, aynı işlerin tekrarlanmasından kaynaklanan kümülatif etkiyi hesaplamak çok önemlidir. OCRA yöntemi bu kümülatif etkiyi dikkate alan bir yöntem olarak bilinmektedir. OCRA yöntemi tekrarlı işlerin arka arkaya yapılmasından ortaya çıkan yorulmaları hesaplar. OCRA yöntemi montaj hattında ergonomik risk faktörlerinin analizi için uygun olan tek yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. OCRA yönteminde bir istasyonda yapılan tüm işler için kümülatif bir analiz yapılır. İstasyonda birden fazla iş yapılıyorsa eğer bu işlerin her biri için ayrı ayrı indeks hesaplanmaz. Tüm istasyon için tek bir OCRA değeri hesaplanır.

3.2. Hedef Programlama

Hedef programlama görece önem derecesine göre ağırlıklandırılan birçok hedeften negatif, pozitif veya her iki yönde sapmaları eş zamanlı olarak minimize etmeyi amaçlayan çok amaçlı doğrusal programlama çözüm tekniğidir. Hedef programlama; akademik planlama, pazarlama stratejilerinin planlaması, kuruluş yeri seçimi, işgücü ve üretim gibi birçok alanda uygulanır. Hedef programlama, esnek kullanımıyla amacın maksimize veya minimize edilmesini içeren problemlerden farklı olarak birden çok ve çelişen amaçların amaç fonksiyonunda yer almasını sağlamaktadır. Böylece belirlenen hedeflerden en az sapmalı ve tatmin edici çözümü bulmaya yardımcı olmaktadır.

Genel hedef programlama modeli matematiksel olarak şu şekilde ifade edilmektedir:

Değişkenler

X_j = j. Karar değişkeni

a_{ij} = j değişkendeki i. hedef katsayıları

b_i = hedefe ulaşmak için istenilen hedef değeri

d_i^+ = i. hedefe göre pozitif yönlerdeki sapma değerleri

d_i^- = i. hedefe göre negatif yönlerdeki sapma değeri

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^k (d_i^+ + d_i^-) \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + d_i^- + d_i^+ = b_i \quad (4)$$

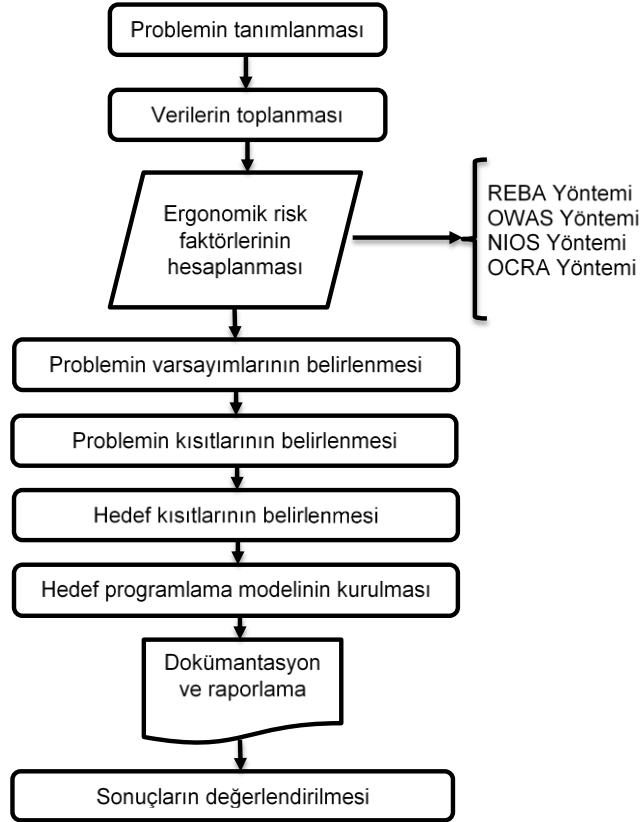
$$X_j, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i = 1 \dots k \quad j = 1 \dots n \quad (5)$$

4. ISI REZİSTANS FABRİKASININ ERGONOMİK RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ergonomik risk değerlendirmesi için REBA, OWAS, NIOSH ve OCRA yöntemleri kullanılmıştır. Isı rezistans üretimi yapan bir firmada personellerin çalışırken duruş pozisyonları, kaldırdığı yük, çalışma ortamı ve tekrarlayan işlemler incelenmiştir. Ergonomik risk değerlendirme yöntemleri kullanılarak detaylı bir analiz yapılmıştır. Firmada 59 işçi çalışmaktadır. Her görev için düzgün bir şekilde personel ataması gerekmektedir. Ayrıca bazı işçiler uzun süre bir alanda belli bir pozisyonda çalışmaktadır. Bu sebepten firma ergonomik açıdan birçok probleme sahiptir. Bu verilerden yola çıkarak firmanın ergonomik personel planlama problemi olduğu belirlenmiştir. Bu problemin çözümü için Şekil 3'te verilen uygulama adımları takip edilerek probleme çözüm önerisi sunulmuştur.

4.1. Verilerin Toplanması

Ele alınan problemin çözülmesi için fabrikada günlük olarak gözlemler yapıp kayıt altına alınmıştır. Öncelikli olarak personellerin yapması gereken görevler belirlenmiştir. Bu görevler hakkında bilgiler elde edilerek görevlerin süreleri ve görevi yapmak için ihtiyaç olan personel sayıları belirlenmiştir. Ardından görevlerin yapıları tek tek gözlemlenerek ergonomik değerlendirme için bilgi sahibi olunmuştur. Her bir görevin açıklaması Tablo 5'te verilmektedir.



Şekil 3. Uygulama akış şeması

Tablo 4. Görevlerin açıklanması

Görevler	Açıklamalar
Tel Sarım	Verilen üretim planlamaya göre uygun olarak makineler istenilen ölçüde pimlerini, makaralarını takarak çalıştırılır. Tel omajı, makara omajı ve tel çapı girilerek makine istenilen boyuta getirilir. Böylelikle firesi de az olur.
Tel Kesim	Çalışanlar makinadan çıkan telleri boruların boyutlarına göre kesimini yapar.
Pim Punto Takım	Tel sarma çapı ile ayırma çapı aynıdır. Kapasiteler her birinde 5.000 adettir. Tel kesim yapıldıktan sonra ucundaki çapaklar kırılarak pim punto makinelerinde çaplara göre amperler ayarlanarak puntolanır.
Boru İmalat	Düz sacda boru formu oluşturularak üretim yapılır.
Boru Havşalama	Oluşturulan formun sabitlemesi, kenar çıkıkları giderilir.
Dolum	Boru boyu ve makine hızları makineden ayarlanır. Kılavuz sabit boru hareketlidir. Boru yukarı çıkar. Arada 10 cm boşluk kalır ve dolum yapılır.
Dolan Boruya Tıpa	Dolum yapıldıktan sonra çalışanlar kumun borudan dökülmemesi için ucuna tıpalama yapar.
Haddeleme	Dolumu yapılmış düz borunun boyunun uzatılıp çapının düşürülme işlemi yapılır.
Tavlama	Tavlama amonyak gazı ve azot gazı ile çalıştırılır. Bazı borular tavllanır ve büküme gider oradan da montaja geçer.
Büküm	Düz boru şeklinde olan rezistansların müşterinin istediği tasarım formuna getirilir.
Soket Takım	Bükümü tamamlanan rezistansın yine çalışanlar tarafından sağ uç ve sol uç olmak üzere iki tarafa soket takılır.
Omaj ve Gram Ölçümü	Tamamlanan rezistansın omaj ve gram kontrolü için çalışanlar tarafından ölçüm aletinden geçirilir.
Okey Testi	Rezistansların çalışanlar tarafından oket testine sokulması. Test sonucu yeşil ışık olanlar ve red yiyenlerin ayrılır.
Kalıp Kontrol	Test sonucu yeşil ışık veren rezistansların uygun kalıplarda olmasının kontrolü yapılır.
Paketleme	Sevkiyata hazır hale getirilir.

Her görevin işlem süreleri ve her görev için gerekli personel sayısına ulaşılmıştır. 36 görev için toplam gerekli personel sayısının 59 olması gerektiği bulunmuştur. Bunlar Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 5. İş elemanları, ısı rezistans üretim süreleri ve gerekli personel sayısı

No	Görevler	İş Elemanı	Süre (Dk)	Gerekli Personel Sayısı
1	Tel sarım	Tezgâhtan telin elle taşınması	301	1
2		Telin tel sarım makinesine yerleştirilmesi	300	1
3		Sarılmış telin tel kesme tezgâhına alınması	350	1
4	Tel kesme	Sarılmış telin tezgâhtan elle alınması	300	1
5		Sarılmış telin tel kesme aparatına yerleştirilmesi	300	1
6		Boruların boyutlarına göre telin kesilmesi	350	1
7		Kesilen tellerin pin punto tezgâhına alınması	370	2
8	Pin puntalama	Kesilen tellerin pin punto makinesine yerleştirilmesi	300	2
9		Pin punto makinesinden çıkan telleri elle kaldırma ve yatay olarak forkliftlere yerleştirme	330	2
10		Boru imalat tezgâhına taşınması ve tezgâha kaldırılması	300	2
11	Boru imalatı	Boru ve pin puntoların tezgâhtan elle alınması	320	2
12		Boru imalat makinesine elle yerleştirilmesi	280	2
13		Boru imalat makinesinden çıkan boruların konveyör ile havsalama makinesine taşınması	260	2
14	Havşalama	Havşalama makinesinden çıkan borunun elle alınarak dolmuş tezgâhına alınması	320	1
15	Dolum	Boruların tezgâhtan alınıp dolum makinesine yerleştirilmesi	380	2
16	Boru tıpalama	Dolu boruların elle ucuna tıpa takılması	340	2
17	Haddeleme	Tıpası takılan boruların elle alınarak haddeleme tezgâhına alınması	302	2
18		Boruların elle haddeleme makinesine yerleştirilmesi	280	2
19	Tavlama	Haddeleme makinesinden çıkan boruların elle tavlama tezgâhına alınması	350	2
20		Haddelenmiş boruların elle tavlama makinesine yerleştirilmesi	320	2
21	Büküm	Makineden çıkan boruların elle büküm tezgâhına alınması	360	1
22		Boruların büküm tezgâhından alınıp büküm makinesine elle yerleştirilmesi	339	2
23		Büküm makinesinden çıkan boruları elle kaldırma ve yatay olarak forkliftlere yerleştirme	380	1
24	Soket takma	Boruların soket takma bölümüne forkliftlerle taşınması	350	2
25		Forkliftlerdeki boruların elle alınıp soket takma tezgâhına yerleştirilmesi	339	2
26		Borulara manuel olarak soket takılması	309	2
27		Soketi takılan boruların elle forkliftlere yerleştirilmesi	322	2
28	Omaj ve gram ölçümü	Boruların omaj ve gram ölçüm tezgâhına taşınması	360	1
29		Boruların omaj ve gram ölçümlerinin yapılması	310	2
30	Okey testi	Ölçümü yapılan boruların elle okey testine sokulması	330	2
31		Test onayı alınan rezistansın elle kaldırılıp forkliftlere yerleştirilmesi	390	2
32		Rezistansın forkliftlerle kalıphaneye taşınması.	400	1
33	Kalıp kontrolü	Forkliftlerden rezistansların elle kaldırılması ve kalıp kontrolünün yapılması	308	1
34		Kalıptan çıkan rezistansların forkliftlere yüklenmesi	402	2
35	Paketleme	Rezistansların forkliftlerle paketleme bölümüne taşınması ve paketleme tezgâhına kaldırılması	420	1
36		Paketleme işleminin yapılması	290	1

4.2. İşlerin Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi

Fabrika çalışma koşulları iş sağlığı ve güvenliği uzmanıyla birlikte gözlemlenmiştir. Ergonomik risklerin değerlendirilmesi kapsamında ilk olarak REBA yöntemine göre 36 görev için puanlama yapılmıştır. REBA görev noktaları belirlenmiş ve bütün görevlerin risk seviyeleri bulunmuştur. Ardından NIOSH yöntemi ile 15 istasyon yük kaldırma açısından analiz edilmiştir. Yöntemin adımları 15 istasyonda da uygulanarak NIOSH risk değerlendirme sonucuna ulaşılmıştır. Daha sonra OWAS yönteminin adımlarına uygun olarak 36 görev içinde kodlama yapıldıktan sonra eylem sınıfı bulunmuştur. Son olarak ise OCRA yöntemi ile her istasyonun teknik hareket sıklığı sağ taraf ve sol taraf için hesaplanmıştır. Tüm yöntemler için bulunan risk değerleri Tablo 7'de özetlenmektedir.

Tablo 6. Yöntemlerin risk değerlendirilmesi

Görev No	REBA	NIOSH	OWAS	OCRA
1	1	0,394	6	12,58-8,33
2	4	0,29	6	14,31-11,76
3	1	0,41	11	15,33-8,50
4	1	0,26	6	18,87-11,11
5	4	0,37	5	12,58-8,50
6	4	0,284	5	12,58-11,76
7	1	0,27	10	12,17-7,41
8	4	0,24	6	15,37-7,41
9	6	0,15	8	14,31-11,11
10	1	1,33	10	15,33-11,11
11	1	2,22	6	13,84-10,31
12	4	2,66	6	14,15-8,22
13	4	2,79	10	12,17-10,31
14	1	2,79	7	15,33-8,33
15	4	1,02	12	15,33-8,22
16	8	0,17	7	12,17-11,11
17	2	1,33	12	15,37-7,41
18	4	2,79	6	12,58-7,41
19	2	2,92	11	14,31-10,31
20	4	2,66	6	14,31-8,33
21	2	2,22	11	17,52-10,7
22	6	1,56	6	13,84-8,50
23	9	2,814	10	13,84-11,76
24	1	1,02	12	14,82-11,11
25	7	2,66	8	17,52-10,31
26	9	2,66	5	12,17-8,33
27	7	1,33	10	15,33-7,41
28	1	0,17	12	15,33-7,41
29	8	0,29	5	15,33-8,33
30	6	0,27	5	14,31-10,31
31	7	2,92	10	17,52-10,7
32	3	2,22	12	12,58-11,11
33	4	3,48	7	14,15-8,22
34	7	3,48	10	14,31-8,22
35	3	2,79	12	17,52-10,7
36	7	1,33	6	14,82-11,11

REBA yöntemine göre 16, 23, 29 numaralı, NIOSH yöntemine göre 33, 34 numaralı, OWAS yöntemine göre 16, 17, 23, 25, 27, 31, 33, 34 numaralı görevler ergonomik düzenlemeye ihtiyaç duymaktadır.

4.3. Personel Atama Problemi

Bu çalışmada ısı rezistans üretimi yapan bir firmada ergonomik risk değerlendirmelerini dikkate alarak hedef programlama ile ergonomik personel çizelgeleme probleminin çözümü amaçlanmıştır.

Yapılan ergonomik risk değerlendirmeleri ile yaralanmalardan önemli derecede koruma sağlanarak, sağlık ve güvenlik yönünden daha iyi bir çalışma ortamı sağlanması ve bunlara ek olarak çalışan performansı ve üretim kalitesi artırılması, iş gücü kayıplarıyla beraber ekonomik kayıpların önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

4.3.1. Problemin Tanımı

Isı rezistans üretimi yapan bir firmanın üretim sürecinde çalışanlar ergonomi kaynaklı birçok problemle karşılaşmaktadır. Problemler detaylı incelediğinde yanlış pozisyon, göreve uyumsuzluk, göreve ilişkin yeteneğinin değerlendirilmemesi, dikkatsizlik ve yetersizlik gibi birçok problemin bir araya gelmesi üretim süreci ve personeller açısından önemli problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. İşletmede üretim sürecine ilişkin bazı faaliyetler ve bunlara ilişkin belirlenen problemler aşağıda sıralanmaktadır. Bunlar:

- Kum dolum sırasında çalışanlar dolan boruları makineden elle çıkarttıkları için alma hızlarına göre boru içindeki kumun dökülme oranlarında farklılık olması
- Dolum işlemi bittikten sonra çalışanların boru ucuna tıpalama yaparken boru içindeki kumun dökülme oranlarında farklılık olması
- Tel kesim yaparken boru boyuna göre kesim olmalıdır. Ancak çalışanlar teli elle kestikleri için telin boru boyuna göre uzun ya da kısa olması
- Kalıphanede çalışanlar bütün ürünlere kalıp kontrolü uygulaması yapmalıdır. Ancak bazı ürünlere kalıp kontrolü uygulanmamaktadır. Bundan kaynaklı çok sayıda kalitesiz ürün ortaya çıkması

4.3.2. Kabul ve Varsayımlar

Çalışmanın kabul ve varsayımları şu şekildedir:

- Öncelikle çalışanlara yük kaldırmak ile ilgili davranışlarını düzeltmeleri için eğitim verilmelidir. Çalışanlar ağırlığı kaldırdıkları sırada yükün ağırlığı bele değil dizlere binmelidir.
- Aynı işi birden fazla çalışan yaparsa tekrar sayısı azalacaktır.
- Boruları taşıma işlemi yapılırken koliler ile taşınan yük miktarının yarıya inmesi vücuttaki zorlanmayı azaltacaktır.
- Çalışanların yük kaldırmasına yardımcı olmak için bir araç önerilmektedir. Vinç olabilir, kumanda yardımıyla parça işçinin rahat çalışabileceği vücut duruşunu koruyabileceği seviyeye kadar çıkarılabilmektedir.
- İş esnasındaki çalışma ortamının ergonomik kurallara göre düzenlenmesi önerilmektedir.
- Konveyör bandı kullanılabilir, bu durumda taşınan yük bandın üzerine işçinin desteğiyle yerleştirilir. Çalışana yüklenen ani ağırlık ortadan kalktığı varsayılır.
- Tezgâh yüksekliğinin artırılması ile gövdenin yapmış olduğu bükülme hareketi ortadan kalkabilir.

4.3.3. Ergonomik Personel Çizelgeleme İçin Hedef Programlama Modeli

Parametreler;

$$n = \text{fabrikadaki çalışan personel sayısı} \quad n = 59$$

$$m = \text{fabrikadaki görev sayısı} \quad m = 36$$

$$i = \text{personel endeksi} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$j = \text{görev dizisi} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$t_j = j. \text{Görevin zamanı} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$l_j = j. \text{Görevin Reba puanı} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$K_j = j. \text{Görevin personel ihtiyacı} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$C_{ij} = j. \text{Görev için } i. \text{personelin yetenek değerlendirmesi} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{personel } j. \text{göreve atanırsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$d_{1i}^+ = \text{Personelin hedef 1 için pozitif yönde sapma miktarı} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$d_{1i}^- = \text{Personelin hedef 1 için negatif yönde sapma miktarı} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$d_{2j}^+ = \text{Personelin hedef 2 için pozitif yönde sapma miktarı} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$d_{2j}^- = \text{Personelin hedef 2 için negatif yönde sapma miktarı} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

Kısıtlar;

1. Kısıt: j. görevde K_j sayıda personele ihtiyaç vardır.

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = K_j \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

2. Kısıt: Tüm personeller maksimum altı görevle sınırlandırılmalıdır.

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} \leq 6 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

3. Kısıt: Tüm personellerin gün boyunca çalışabileceği maksimum ve minimum süreler sınırlandırılmalıdır.

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} * t_j \geq 240 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} * t_j \leq 480 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

Hedef Kısıtlamaları;

Hedef 1: Tüm personeller için eşit REBA puanlarının olması hedeflenmiştir.

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} * t_j * l_j + d_{1i}^- - d_{1i}^+ = \sum_{j=1}^m X_{ij} * t_j * 5 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

Hedef 2: Tüm görevler için uygun personelin atanması hedeflenmiştir.

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} * C_{ij} + d_{2i}^- - d_{2i}^+ = \sum_{i=1}^n X_{ij} * 1 \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

Amaç Fonksiyonu;

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n d_{1i}^+ + \sum_{j=1}^m d_{2j}^+ \quad (12)$$

4.3.4. Hedef Programlama Modeli Sonuçları

Hedef programlama yöntemi ile kurulan modelin sonuçları Tablo 8'de gösterilmektedir. Modelin çözümünde Intel (R) Core (TM) i7-7700HQ CPU @ 2.80 GHz işlemcisi 8GB belleği ve Windows 10 işletim sistemine sahip bilgisayar kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar IBM ILOG CPLEX Optimization Studio programı ile model kodlanmıştır. Bu program ile modelin sonucu 0,38 saniyede elde edilmiştir.

Çözülen model sonucunda personel atamaları Tablo 8'de gösterilmiştir. Tablo 8'de yer alan bilgiler incelendiğinde satırlar personelleri, sütunlar ise görevleri temsil etmektedir. Elde edilen sonuçlar 59x36 boyutunda bir matris oluşturularak özetlenmiştir. Matrisde işaretli noktalar i'nci personelin atandığı j'nci görevi temsil etmektedir. Tablo 8'e bakıldığında birinci personel 18. göreve, ikinci personel 18. göreve, üçüncü personel 28. göreve atanmıştır. Bu şekilde tüm personellerin atandıkları görevler Tablo 8'de yer alan matematiksel modelin duyarlılığını değerlendirmek amacıyla modelin amaç fonksiyonunda yer alan karar değişkenleri için farklı katsayılar verilerek beş farklı senaryo ile sapma değişkenlerinin aldıkları değerler incelenmiştir. Tablo 9'da personellerin atanmasına ilişkin olarak sapma değişkenlerinin aldığı değerler, Tablo 10'da ise görevlere ilişkin sapma değişkenlerinin aldığı değerler yer almaktadır.

Isı Rezistans Fabrikasında Ergonomik Risk Değerlendirme ve Hedef Programlama ile Personel Planlama

Tablo 7. Hedef programlama modeli personel atama sonuçları

Personel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	Toplam Görev Süresi	
1																		X																		280		
2																		X																			280	
3																												X									360	
4																X																					340	
5													X	X																							260	
6												X																									280	
7																		X																			302	
8																										X											339	
9																															X						400	
10														X																							380	
11																				X																	320	
12	X				X																																300	
13	X																																				301	
14		X		X																																	350	
15																																		X			308	
16															X																						380	
17																										X											339	
18																																					300	
19												X																									320	
20													X																								260	
21													X								X																320	
22			X																																		300	
23									X																												370	
24										X																											330	
25																																					322	
26													X															X									280	
27																																					389	
28																								X											X		290	
29									X																												370	
30																				X																	350	
31														X																							320	
32																																					350	
33									X											X																	300	
34																												X										309
35																												X										309
36																													X				X				390	
37																								X													380	
38										X																											300	
39																																					310	
40																					X																360	
41																																					340	
42													X																								260	
43											X																										300	
44																																					330	
45																										X											350	
46									X																												300	
47												X																									320	
48																																					350	
49									X																												330	
50																																					339	
51																																			X		402	
52																		X																			302	
53																																					330	
54						X																												X			350	
55																																					322	
56																													X								390	
57																																					310	
58																																				X	420	
59																																					402	
Ortalama Reba Puanı	1	4	1	1	4	4	1	4	6	1	1	4	4	1	4	8	2	4	2	4	2	6	9	1	7	9	7	1	8	6	7	3	4	7	3	7		
Toplam Görev Süresi	301	300	350	300	300	350	370	300	330	300	320	280	260	320	380	340	302	280	350	320	360	339	380	350	339	309	322	360	310	330	390	400	308	402	420	290		

Tablo 9. Personele ilişkin sapma değişkenlerinin duyarlılık analizi sonuçları

Personel	Mevcut Durum (d1 artı)	Senaryo 1 (0,2*d1artı)	Senaryo 2 (0,4*d1artı)	Senaryo 3 (0,6*d1artı)	Senaryo 4 (0,8*d1artı)	Senaryo 5 (0,5*d1artı)
1	339	0	0	930	339	0
2	1.020	0	1.236	580	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	1.020	0	0	1.020	1.020
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	339	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	678	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	780	0	0	0
12	0	1.520	644	1.520	0	1.520
13	0	0	0	0	0	0
14	1.020	0	0	1.020	0	0
15	0	804	0	0	804	804
16	0	0	0	0	0	0
17	780	678	678	0	678	678
18	0	678	678	678	0	678
19	678	0	0	0	0	0
20	644	0	330	0	644	0
21	678	0	339	0	678	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	330	1.236	330	0	0	1.236
25	804	804	804	804	0	804
26	0	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020
27	0	0	0	0	0	0
28	580	930	580	804	804	930
29	0	0	0	0	580	0
30	0	330	1.020	0	0	330
31	0	580	0	0	0	580
32	0	0	0	0	1.520	0
33	780	780	339	0	780	780
34	1.236	0	0	1.236	0	0
35	930	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236
36	0	930	780	330	780	930
37	930	0	0	330	330	0
38	339	0	1.520	0	0	0
39	0	330	0	930	330	330
40	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	930	0
43	0	644	0	644	0	644
44	0	330	0	0	0	330
45	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0
47	0	339	0	0	0	339
48	0	0	0	339	0	0
49	330	330	330	0	930	330
50	0	339	0	0	0	339
51	804	0	804	0	0	0
52	330	0	330	330	330	0
53	330	0	0	330	330	0
54	0	0	0	0	0	0
55	644	644	644	644	644	644
56	0	0	930	780	0	0
57	1.520	0	930	780	0	0
58	1.236	0	0	0	339	0
59	0	780	0	0	1.236	780
Toplam	16.282	16.282	16.282	16.282	16.282	16.282

Tablo 9'da yer alan verilere göre modeldeki sapma değişkenlerinin katsayıları değişse dahi sapma değişkenlerinin aldığı değerler toplamının değişmediğini görülmektedir. Bu da modelin doğruluğunu ve güvenilirliğini göstermektedir. Benzer şekilde Tablo 10'da yer alan verilerin de değişmediği görülmektedir.

Tablo 10. Görevlere ilişkin sapma değişkenlerinin duyarlılık analizi sonuçları

Görev	Mevcut ($d2arti$)	Senaryo 1 ($0,8*d2arti$)	Senaryo 2 ($0,6*d2arti$)	Senaryo 3 ($0,4*d2arti$)	Senaryo 4 ($0,2*d2arti$)	Senaryo 5 ($0,5*d2arti$)
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0

Elde edilen sonuçlar ışığında uygulama yapılan işletme için bazı önerilerimiz vardır. Risk seviyesi yüksek çıkan görevler genellikle çalışanın uygunsuz pozisyonda iş yapmasından kaynaklanmaktadır. Çalışanlar doğru vücut duruşları hakkında bilgiye sahip olmadıklarında görevleri uygun olmayan pozisyonda gerçekleştirebilmektedir. Bu noktada çalışanların doğru çalışma duruşları hakkında bilgilendirilmesinin bu görevlerdeki riskleri azaltacağı düşünülmektedir.

Tel kesim yaparken boru boyuna göre kesim olmalı ancak elle çalışanlar tarafından kesildiği için tel boru boyuna göre uzun ya da kısa oranı yüksek olması durumu için kesim yerlerine ölçekli çizelge konulmuştur. Böylece çizelgeye göre kesilen tel boru boyu uzun ya da kısa olma oranını azaltmıştır.

Kalıphanede kalıp kontrolü yapan her çalışan için kendine ait numaralandırılmış barkodları vardır ve kalıba uymayan her ürün çıktığında hangi çalışandan dolayı üründe hata olduğu ortaya çıkmaktadır. Böylece uyarılar ile kalıp kontrolünde ürün atlama olayı en aza indirgenmiştir.

İşletmede kum dolma işlemi yapılmaktadır. Dolma sırasında makineden dolan boruları çalışanlar elle çıkartmaları için alma hızlarına göre kum dökülme oranlarında farklılık olmasından dolayı sistemdeki makineye kapak kapatma önerisi getirilip uygulanmıştır. Böylece çalışanlar kumu dolan boruyu alırken herhangi bir dökülme yaşanması riskinin önüne geçilmiştir. Dolayısıyla çalışanın dolma torbasındaki ani dökülmelerde gösterdiği eğilim kalma hareketleri azaltılmıştır. Büküm makinesinden çıkan boruları elle kaldırma ve yatay olarak forkliftlere yerleştirme işleminde çalışanlar makineden çıkan boruları tezgahın toplamak için sürekli eğilip kalkması, kas ve iskelet sisteminde yük oluşturmaktadır. Bu işlemin manyetik mıknatıslı boru toplama aleti ile yapılmasının çalışanın kas ve iskelet sistemi üzerindeki yükünü azaltacağı

düşünülmektedir. Yüksek risk grubunda yer alan sürekli forkliftlere yerleştirme veya alma işleminde görevler için aşırı güç uygulamak zorunda kalmaktadır. Bu görev için elektrikli bant sisteminin yapılması önerilmektedir. Bu uygulama ile çalışanın çekme sırasındaki çabasının ve zorlanmasının ortadan kalkacağı düşünülmektedir.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Ergonomik olmayan çalışma ortamları ve duruşlar üretimde verimliliğin azalmasına, gereksiz maliyetlerin ortaya çıkmasına en önemlisi ise çalışanın sağlığının bozulmasına sebep olmaktadır. İstenilen üretkenliğin sağlanması ve rekabet gücünün elde edebilmesi için çalışanlara önem verilmeli ve ergonomik risklerin oluşması önlemeli, oluştuysa da bir an önce iyileştirmeye gidilmelidir. Fiziksel çevre koşullarında (gürültü düzeyi, hava sıcaklık düzeyi, nem miktarı, aydınlanma düzeyi, radyoaktif veya titreşimsel dalgalar) ve daha onlarca gösterilebilecek insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek her türlü hususta gerekli analizler yapılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.

Isı rezistans üretimi yapan bu fabrikada dört farklı ergonomik risk değerlendirme yöntemi kullanılarak analiz yapılmıştır. Birçok görevde risk seviyesi orta ve yüksek çıkmıştır. Uygun olmayan işlemlerde iyileştirme yapılmıştır. Fabrika iyileştirmeler neticesinde REBA, OWAS, OCRA, NIOSH puanlarının azalacağı ön görülmektedir. Buna bağlı olarak risk düzeylerinde önemli düzeyde azalma görüleceği düşünülmektedir.

Aynı zamanda personelin ergonomik risk seviyesinin düşürülmesi hedeflenmektedir. Görevlerin risk analizi için REBA yöntemi ve Çalışma koşullarının ve ergonomik risk faktörlerinin dengeli bir şekilde dağıtılması için Hedef Programlama yöntemi kullanılmıştır. Hedef Programlama ILOG CPLEX ile çözülmüştür. Personelin iş yükü azaltılmıştır ve bu sayede sağlık sorunlarının azaltılması ve üretkenliğin artması sağlanmıştır.

Çalışmada problemin çözümü için beş kısıt belirlenmiştir. Bu kısıtlardan iki tanesi hedef kısıttır. Hedef kısıtları ile personellerin REBA puanlarına göre eşit iş yüküne atama yapılması ve yetkinliklerine uygun işlere atanması sağlanmıştır. Diğer kısıtlar ise ihtiyaç duyulan kadar personelin çalıştırılması, personelin çalışacağı görev sayılarının sınırlandırılması ve personelin çalışma sürelerinin dengelenmesine yönelik kısıtlardır. Elde edilen sonuçlar ile personellerin görevlere atması sağlanmış ve her personelin çalışma süresi belirlenmiştir. Personellerin atanmasında tüm personel için ergonomik risklerin eşitlenmesi ve personellerin yetkinliklerine uygun görevlere atanması sağlanmıştır.

Çalışmada personellerin fiziksel ergonomik riskleri dikkate alınmıştır ancak zihinsel ergonomik faktörler ve çevresel faktörler dikkate alınmamıştır. Fiziksel ergonomik faktörlerin dikkate alınması çalışmanın limitlerin ifade etmekle birlikte gelecek çalışmalarda zihinsel ergonomik faktörlerin ve çevresel ergonomik faktörlerin dikkate alınması önerilmektedir.

Sonuçta ergonomi çalışanların verimlilik ve kalite hedefi ile iş ve işçi sağlığını koruyarak rahat ve güvenli şartlar altında çalışmasını hedeflemektedir. Sağlıklı iş ortamı daha yüksek kalitede üretimin ve istihdamın sağlanmasının ilk adımıdır. Ergonomi günden güne çalışma hayatıyla daha fazla entegre olmaktadır. Bu nedenle ergonomik faktörlerin göz önünde bulundurularak personel atamasının yapılması verimliliği artıracaktır.

Bilgilendirme /Acknowledgements

Emre Yazıcı Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) tarafından Yöneylem Araştırma alanında 100/2000 Doktora bursiyeri olarak desteklenmektedir.

Emre Yazıcı is supported by The Council of Higher Education (CoHE) as 100/2000 PhD Scholar in Operations Research subdivision.

Yazar Katkıları /Author Contributions

Dilara Nur Demirtaş: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Modelleme, Makale Yazımı-orijinal taslak Emre Yazıcı: Metodoloji, Modelleme, Analiz Halenur Olcar: Veri Derleme Fatma Nur Kuşcu: Kavramsallaştırma Ceren Başer: Kavramsallaştırma Hacı Mehmet Alakaş: Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

Dilara Nur Demirtaş: Literature review, Conceptualization, Modelling, Writing-original draft Emre Yazıcı: Methodology, Modelling, Analysis Halenur Olcar: Data Curation Fatma Nur Kuşcu: Conceptualization Ceren Başer: Conceptualization Hacı Mehmet Alakaş: Writing-review and editing

Çatışma Beyanı /Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



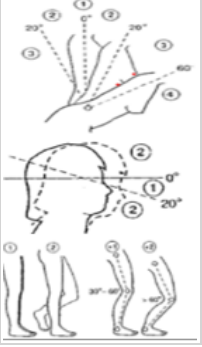
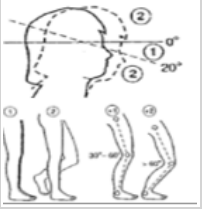

Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

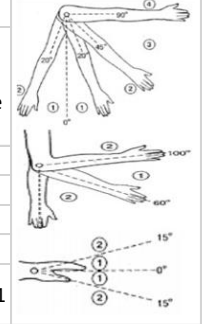
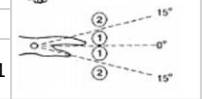
KAYNAKÇA

- Akay, D., Dağdeviren, M. ve Kurt, M. (2003). "Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(3), 73-84.
- Aksüt, G., Eren, T. ve Tüfekçi, M. (2021). "Tekstil Sektör Çalışanlarının Maruz Kaldığı Ergonomik Risklerin Analitik Ağ Süreci ile Değerlendirilmesi", *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 13(1), 231-242.
- Aksüt, G., Alakaş, H.M. ve Eren, T. (2022). "Determining Ergonomic Risks Arising from the Use of Information Technologies in the Covid-19 Environment", *International Journal of Human-Computer Interaction*, DOI: <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2062856>
- Alıcı, H., Atıcı Ulusu, H. ve Gündüz, T. (2017). "Mobilya Sektöründe Pnömatik Zımbalama ve Vidalama İşlerinin Ergonomik Risk Değerlendirmesi", *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(4), 211-226.
- Bard, J.F. ve Wan, L. (2006). "The task assignment problem for unrestricted movement between workstation groups". *Journal of Scheduling*, 9, 315-341.
- Baykasoğlu, A. ve Demirkol Akyol, Ş. (2014). "Ergonomik Montaj Hattı Dengeleme". *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(4), 785-792.
- Bedir, N., Eren, T. ve Dizdar, E. N. (2017). "Ergonomik Personel Çizelgeleme ve Parekende Sektöründe Bir Uygulama", *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 657-674.
- Coşkun, B.M., Sağıroğlu, H. ve Erginel, N. (2015). "İş İstasyonlarının Ergonomik Riskinin NIOSH Yöntemi İle Belirlenmesi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 365-370.
- Delice, E.K., Ayık, İ., Abidinoğlu, Ö.N., Çiftçi, N.N. ve Sezer, Y. (2018). "Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri Ve Ahp Yöntemi İle Çalışma Duruşlarının Analizi: Ağır ve Tehlikeli İşler İçin Bir Uygulama", *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6, 112-124.
- Eren, T., Koçtepe, S. ve Cürebal, A. (2021). "Hedef Programlama Yöntemi ile Akaryakıt İstasyonları Tanıtımı İçin Personel Çizelgeleme Problemi", *Politeknik Dergisi*, 25(3), 921-932.
- Eren, T., Özdemir, E.H. ve Varlı, E. (2017). Hedef Programlama Yaklaşımı İle Temizlik Personeli Çizelgeleme Problemi İçin Bir Model Önerisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 114-127.
- Felekoğlu, B. ve Taşan, S.Ö. (2017). "İş ile İlgili Kas Sistemi Tesislerine Yönelik Ergonomik Risk Değerlendirmesi: Reaktif/Proaktif Bütünleşik Bir Sistem Sistemi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 777-793.
- Gür, Ş., Eren, T. ve Alakaş, H.M. (2019). "Surgical Operation Scheduling with Goal Programming and Constraint Programming: A Case Study", *Mathematics*, 3(7), 251.
- Hignett, S. ve McAtamney, L. (2000). "Rapid Entire Body Assessment (REBA)", *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205.
- Kaçmaz, S. Ö., Alakaş, H. M. ve Eren, T. (2020). "Ergonomic Staff Scheduling Problem with Goal Programming in Glass Industry", *Journal of Turkish Operations Management*, 4(1), 369-377.
- Kahraman, M. F. (2012). "Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemlerinin Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri İle Önceliklendirilmesi ve Bütünleşik Bir Model Önerisi". Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Koç, S. ve Testik, M. (2016). "Mobilya Sektöründe Yaşanan Kas-İskelet Sistemi Risklerinin Farklı Değerlendirme Metotları İle İncelenmesi Ve Minimizasyonu", *Endüstri Mühendisliği*, 27(2), 2-27.
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V. ve Garg, A. (1994). "Applications manual for the revised NIOSH lifting Equation", *U.S. department of health and human*, 94-110.

EK

Hareket	Skor	Skor Değişimi	
Dik	1	Yana esneme veya dönme varsa +1	
0-20 Fleksiyon 0-20 Ekstansiyon	2		
20-60 Fleksiyon >20 Ekstansiyon	3		
>60 Fleksiyon	4		
Hareket	Skor	Skor Değişimi	
0-20 Fleksiyon	1	Yana esneme veya dönme varsa +1	
>20 Fleksiyon veya Ekstansiyon	2		
Hareket	Skor	Skor Değişimi	
Bilateral (iki taraflı) ağırlık taşıma, yürüme ve oturma	1	Dizlerde 30-60 arası fleksiyon +1	
Unilateral (tek taraflı) ağırlık taşıma veya sabit olmayan duruş	2		

Şekil A1. REBA A grup puanlaması (Hignett ve diğerleri, 2000)

Üst Kol Hareket	Skor	Skor Değişimi	
0-20 Fleksiyon 0-20 Ekstansiyon	1	Kolda: -abdüksiyon varsa, rotasyon varsa +1, Omuz yükselmişse +1 Kulun duruşunda yer çekimi desteği etkiliyse -1	
20-45 Fleksiyon > 20 Ekstansiyon	2		
45-90 Fleksiyon	3		
>90 Fleksiyon	4		
Alt Kol Hareket	Skor		
60-100 Fleksiyon	1		
<60 Fleksiyon veya >100 Fleksiyon	2		
Hareket	Skor	Skor Değişimi	
0-15 Fleksiyon veya Ekstansiyon	1	Bileklerde yana esneme veya dönme varsa +1	
>15 Fleksiyon veya Ekstansiyon	2		

Şekil A2. REBA B grup puanlaması (Hignett ve diğerleri, 2000)

Tablo A1. REBA A puan tablosu

	REBA A Grubu												
	Boyun												
	1			2			3						
	Bacaklar												
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Gövde	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Kaynak: Hignett ve diğerleri (2000)

Tablo A2. REBA B puan tablosu

	REBA B Grubu						
	Alt Kol						
	1			2			
	Bilek						
	1	2	3	1	2	3	
Üst Kol	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Kaynak: Hignett ve diğerleri (2000)

Value of Information Management in Closed Loop Supply Chain with Blockchain Applications

Belkız TORĞUL¹, Turan PAKSOY²

ABSTRACT

Purpose: Rapidly developing information technology increases expectations for obtaining much more efficient structures by providing accurate, sufficient and secure information sharing in supply chains as well as in many other fields. Traceability is a critical element in supply chain management, especially in security-sensitive sectors such as food, medicine, etc. Blockchain is a decentralized record platform that provides traceability, transparency and security, and it shows promise in alleviating traditional supply chain management problems and making a positive contribution. This article aims to improve the relevant literature by revealing the level of impact of blockchain technology on supply chain management.

Methodology: First of all, a traditional closed-loop supply chain (CLSC) network was designed and modeled. Then, the main model was developed by creating four more scenarios for different applications of the blockchain technology to the existing model and the application results were analyzed.

Findings: This paper demonstrated the implementation of blockchain technology in forward and reverse flows activities coordination for effective and efficient supply chain management, and the resulting gains by developing appropriate models through explanatory scenarios. The implications showed that blockchain technology could significantly reduce supply chain costs.

Originality: While blockchain technology is gaining attention, there are very few studies focused on its integration into the supply chain. Apart from the applications in the field of finance, the most important contribution and originality of the study is the application of the blockchain to CLSC from different aspects as partial, full, only forward flow and only reverse flow.

Keywords: Blockchain, CLSC Optimization, Information Management, Returned Product Management.

JEL Codes: C02, C61, L23, M11.

Blok Zincir Uygulamaları ile Kapalı Döngü Tedarik Zincirinde Bilgi Yönetiminin Değeri

ÖZET

Amaç: İzlenebilirlik, tedarik zinciri yönetiminde özellikle gıda, ilaç vb. gibi güvenliğe duyarlı sektörlerde kritik bir unsurdur. Blok zincir teknolojisi, izlenebilirlik, şeffaflık ve güvenlik sağlayan merkezi olmayan bir kayıt platformudur ve geleneksel tedarik zinciri yönetimi sorunlarını hafifletme konusunda umut vaat etmektedir. Bu makale, blok zincir teknolojisinin tedarik zinciri yönetimi üzerindeki etki düzeyini ortaya koyarak ilgili literatürü geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Yöntem: Öncelikle geleneksel bir kapalı döngü tedarik zinciri ağı tasarlanmış ve modellenmiştir. Daha sonra mevcut durumun yanında blok zincir teknolojisinin mevcut modele farklı uygulamaları için dört senaryo oluşturularak ana model geliştirilmiş ve uygulama sonuçları analiz edilmiştir.

Bulgular: Bu çalışma, etkili ve verimli tedarik zinciri yönetimi için ileri ve geri akış faaliyetleri koordinasyonunda blok zinciri teknolojisinin uygulama olanaklarını ve açıklayıcı senaryolar aracılığıyla uygun modeller geliştirilerek elde edilen kazanımları göstermiştir. Sonuçlar, blok zincir teknolojisinin tedarik zinciri maliyetlerini önemli ölçüde azaltabileceğini göstermiştir.

Özgünlük: Blok zincir teknolojisi dikkat çekerken, tedarik zincirine entegrasyonuna odaklanan çok az uygulama çalışması bulunmaktadır. Blok zincirin kapalı döngü tedarik zincirine entegrasyonunun incelenerek etkinliğinin değerlendirilmesinin yanında tedarik zincirine kısmi, tam, yalnızca ileriye ve yalnızca tersine dönük olarak farklı yönlerden uygulanması çalışmanın literatüre en önemli katkısı ve özgünlüğüdür.

Anahtar Kelimeler: Blok zincir, Kapalı Döngü Tedarik Zinciri, Bilgi Yönetimi, Geri Dönen Ürün Yönetimi.

JEL Kodları: C02, C61, L23, M11.

¹ Arş. Gör., Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Industrial Engineering, Konya, Türkiye, btorgul@ktun.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7341-9334 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Prof. Dr., Necmettin Erbakan University, Faculty of Aviation and Space Sciences, Department of Aviation Management, Konya, Türkiye, tpaksoy@erbakan.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8051-8560.

DOI: 10.51551/verimlilik.1110577

Research Article | Submitted Date: 28.04.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 01.12.2022

Cite: Torğul, B. and Paksoy, T. (2023). "Value of Information Management in Closed Loop Supply Chain with Blockchain Applications", *Verimlilik Dergisi*, 57(1), 181-198.

1. INTRODUCTION

Modern supply chains have emerged into extremely complex value networks because of the enhanced number of intermediaries between the manufacturer and the final customer. Globalisation and market growth have forced companies to extend their product variety and lifecycles to meet the requirements of modern age markets. Accordingly, there is not enough information on the processing or transportation journey of the product. Since it has become progressively difficult to confirm the source of raw materials and keep visibility of products as they pass through the value chain network (Azzi et al., 2019; Rejeb et al., 2019). From the very beginning, supply chain financing has been a very important issue. Uncompleted information, weak communication and insecurity among members of supply chains are among the basic problems of modern supply chains. In this dynamic environment, companies are turning to implement new technologies such as machine learning (ML), the Internet of Things (IoT), business analytics, artificial intelligence (AI), cloud computing and blockchain technology to cope with the need to overcome these challenges and increase competitiveness (Rejeb et al., 2019).

Blockchain technology varies from most current information system designs in that it incorporates four fundamental features: Security, decentralization, auditability, and smart execution (Saberli et al., 2019). One of the biggest concerns with the blockchain is the high energy consumption due to the need to copy and accumulate a lot of data. This technology, which also has a complex structure, is in competition with central databases and ledgers in these regards.

Blockchain technology is identified as *a distributed, shared, encrypted database that serves as an irreversible and incorruptible repository of information* (Kamble et al., 2021). This technology promises high efficiency with its possibilities and diversified applications. The blockchain technology that was first acquainted with assuring the Bitcoin electronic currency system's security has recently started to take place in various areas besides financial areas such as supply chain management processes (Kumar and Iyengar, 2017) that have inadequate information and are not clear enough.

Information system management is centralized in many sectors such as health, food, finance and education. That is, all transactions are inspected by third-party agents. This system can be risky in terms of data integrity, resilience and availability and may expose the system to fraud and tampering. A reliable ecosystem should also be established between suppliers and their consumers. This is reached by a polity like blockchain technology, which focuses on chain transparency to provide product traceability where correct and secure data collection and storage are needed (Azzi et al., 2019). There is no requirement for a third party for transactions with this technology. All transactions are processed into the encrypted block by the supply chain members. Each block is linked to previous and next blocks and can't be deleted or changed by a single member of the supply chain. With the blockchain that is an autonomous technology, all transactions could be made automatically by connecting to conditions. Accordingly, the problems related to the blockchain technology application in the supply chains are tried to be solved and the effective supply chain objectives such as safety, transparency, cost, recycling, demand flexibility, quality and speed are tried to be realized (Wang et al., 2019). Improved visibility with blockchain technology, procures auditable tracking of every step a product goes through. That is especially important in industries where proving the details of a product is vital.

Despite significant progress in recent years, the integration of blockchain and supply chain management is still in its infancy (Queiroz et al., 2019; Wamba and Queiroz, 2020). In view of the great investments by industry, academic research that investigates potential implications and directs companies is needed (Treiblmaier, 2018). Therefore, to evaluate the efficiency and adequacy of blockchain-based supply chains, multi-case analyses have been conducted by developing descriptive models of a CLSC that includes blockchain technology as partial, full, only forward flow and only reverse flow in this study.

The rest of the study is structured as follows. Section 2 presents the related literature. Afterwards, the research methodology is described and the problem with different five supply chain scenarios is defined in Section 3. Section 4 explains and compares the traditional supply chain model and improved models by integrating blockchain and gives the dataset's details. Section 5 presents the research results and managerial implications. Finally, Section 6 concludes the paper with further research directions.

2. LITERATURE REVIEW

With the prominence of the traceability feature of the blockchain- known for its applications in the field of finance- it has been seen that it will also benefit the applications in the supply chain for the tracking of products, and various studies have been started on this subject.

Numerous studies have analyzed the existing literature as well as reporting the practical application, key benefits and challenges of blockchain technology in logistics and supply chains. Treiblmaier (2018)

explored the potential applications of blockchain technology for supply chain management, presenting a framework built on four established economic theories. Cole et al. (2019) sought to promote the research of blockchain technology from the perspective of operations and supply chain management, identify potential application fields and present an agenda for future research. Azzi et al. (2019) examined the benefits of integrating the blockchain into the supply chain architecture and the challenge faced in the blockchain-enabled supply chain management ecological system. Schmidt and Wagner (2019) developed a set of six propositions utilizing the transaction cost theory; they argued that blockchain limits the influence of environmental and behavioral uncertainty, opportunistic behavior, and decreases transaction costs allowing transparent and valid transactions. Saberi et al. (2019) studied blockchain technology and smart contracts with their potential implementation to supply chain management.

Batwa and Norrman (2020) identified and explored various blockchain implications in supply chain management. They suggested a systematic literature review framework of blockchain-related articles for analysis and founded that supply chain finance and traceability are the most applicable blockchain application in supply chain management. Dutta et al. (2020) examined all the relevant research using blockchain integration in supply chain operations and highlighted its opportunities, societal impacts. Esmaeilian et al. (2020) provided an overview of blockchain technology and Industry 4.0 for sustainable supply chains. They expanded blockchain capabilities extending sustainability, under four main areas, and discussed adversary effects of blockchain, research gaps, and future research directions. Queiroz et al. (2019) followed the systematic review approach to analyze and synthesize 27 articles published in peer-reviewed journals between 2008 and 2018 on integrating blockchain and supply chain management. They aimed to highlight the present blockchain implications/the main challenges of blockchain adoption/blockchain's future in supply chain management. Wamba and Queiroz (2020) reviewed blockchain evolution and provided a discussion of the role of blockchain in value creation in operations and supply chain management. Wang et al. (2020) demonstrated blockchain technology application possibilities with the coordination of activities for effective and efficient supply chain management. Dietrich et al. (2021) researched recent publications combining supply chain management and blockchain technology and classified them according to the complexity to be mapped on the blockchain. Moosavi et al. (2021) conducted a systematic review of bibliometric and network analysis to define how blockchain could conduce to supply chain management.

Apart from these studies, there are some inferential case studies related to the implication of blockchain technology to the supply chain, although there are few in the literature. Kumar and Iyengar (2017) built a rice supply chain system using blockchain technology, assuring rice safety during the processes of supply chain management. Casado-Vara et al. (2018) proposed a new blockchain-supply chain model that enables the circular economy concept and eliminates several existing supply chain disadvantages. Casino et al. (2019) developed a functional model based on blockchain technology and smart contracts to provide traceability of decentralized and automated food supply chains. Rejeb et al. (2019) demonstrated how blockchain technology deployment combined with the Internet of Things infrastructure could benefit and streamline modern supply chains, and then they derived six research propositions outlining how this technology could affect the core features of the Internet of Things, thereby laying the basis for future projects. Choi (2020) studied financing problems of a fashionable products supply chain. He developed analytical models for both the traditional and blockchain-supported supply chains and then compared the performances of optimal systems between the two supply chains. Sund et al. (2020) contributed to the blockchain's feasibility study for the world's largest furniture retailer, IKEA. Li et al. (2020) proposed a production capability evaluation system by incorporating the Internet of Things, blockchain technology, and machine learning for supply chain networks and evaluated this system through a simulation experiment. Tönnissen and Teuteberg (2020) used multi-case analysis to develop an illustrative model on the interaction of actors in an operational supply chain with blockchain technology. Di Vaio and Varriale (2020) explored the important implications of blockchain technology for operations management, focusing on decision-making processes in supply chain management from a sustainable performance perspective, and in this direction, they successfully explored an Italian airport infrastructure as the main blockchain technology application in the airport industry. Wong et al. (2020) studied behavioral intent to adopt blockchain technology for supply chain management and offered valuable insights into its applicability by analyzing the data collected from 157 companies. Kamble et al. (2021) examined the direct influence of blockchain on supply chain integration and sustainable supply chain performance and the interactive effect of blockchain and supply chain integration on sustainable supply chain performance. Accordingly, they analyzed the responses of 138 Indian automotive firms following structural equation modeling and confirmatory factor analysis.

While blockchain technology attracts attention, there are few application studies on its integration into the supply chain. In our study, we will develop appropriate models over different scenarios and analyze the

results to display what kind of gains will be reached by blockchain technology applications in the traditional supply chains and how this will affect the costs. Apart from being an application study to address the lack of literature in this field, this article provides originality in terms of performing the gradual application of blockchain to closed-loop supply chains.

3. RESEARCH METHODOLOGY

In this study, the application of blockchain technology in supply chain management was investigated. A case studies-based research strategy was adopted to evaluate the efficiency and adequacy of the blockchain-based supply chain.

Four main entities play a role in blockchain-based supply chains; Registrars, Standards Organizations, Certifiers, and Actors. Every product in the supply chain has a digital blockchain asset so that all relevant actors can have direct product profile access. It is possible to collect a range of data such as the type, condition, and standards of the product. An information tag attached to a product represents an identifier that ties physical products to their virtual identities on the blockchain. Actors must obtain permission to enter new information on this product's profile. Before a product is transferred (or sold) to another actor, both parties sign a digital contract to validate the exchange. The records of data transactions are automatically updated by the system when the change is initiated. In this way, the blockchain eliminates the need for a trusted central organization operating and maintaining this system and allows for seamless surveillance of customers. Apart from this, blockchain also affects financial transactions in the supply chain process. It provides a significant potential advantage and saves millions of dollars by eliminating the intermediation of financial intermediaries, including payment networks, money transfers, and exchanges between partners (Saber et al., 2019).

Working on scenarios involving different blockchain implementations on a traditional supply chain network will highlight features that need to be considered for building an efficient blockchain-based supply chain. To validate the theoretical work, scenarios were modeled and appropriate datasets were created. In line with these data, the developed models were solved using the GAMS package program. A general algebraic modeling system (GAMS) is a high-level modeling system used for mathematical programming and optimization. It is designed to model and solve different types of problems such as linear, nonlinear, and mixed integer optimization problems (Andrei, 2013).

3.1. Research Design

The developed CLSC network design attempts on maximizing the profit of a firm consisting of two different manufacturers and a collection and recycling center with multiple facilities. CLSC network-based design and its actors are given in Figure 1.

The flow starts with the purchase of steel plates in tones from suppliers, and the purchased plates are transformed into steel auto parts in factories and sent to the markets. There are suppliers in three different segments according to the quality of the steel plates and markets in three different segments according to the quality of the auto parts. Therefore, factories manufacture three different quality products according to the steel plates and offer each quality on sale by pricing separately.

Case 1 (Current situation): The collection & recycling center collects auto parts that have expired or returned from customers as a result of various technical problems and accidents, and as a result of the melting process, they are transformed into 3rd quality steel plates and sent to factories to be remanufactured.

However, the company wants to gain more advantages by using the recycling system more efficiently. At this stage, blockchain technology is used to provide product information. With blockchain technology, challenges such as incomplete information, low communication, and insecurity are struggled, and supply chain goals such as safety, transparency, recycling, cost, speed, quality, and efficiency are efforted to be achieved (Wang et al., 2019). Improved visibility obtained with blockchain technology monitors every step of a product by controlling it. That is principally significant for industries where proof of details, condition, and quality of a product is required. This study aims to reveal what gains will be achieved by applying blockchain technology in the existing supply chain and how this will affect the costs. In this direction, four new scenarios have been developed in addition to the current situation.

3.2. Developed Model Scenarios

Case 2: In the new model, all members of the supply chain record all their transactions of both forward and reverse flows on the blockchain. This data is decentralized, and each member can read relevant data for their transactions on the blockchain. This system provides higher security in transactions. Accordingly, the communication between the company and the suppliers is carried out through the blockchain

application, and thus, all processes from product order to delivery gain an autonomous structure, providing the forward flow with the opportunity to supply reliable, flexible, and most importantly, less costly (Although there is no exact figure, it is included in the literature (Dutta et al., 2020; Júnior et al., 2022; Wang et al., 2020) and was assumed to be 10% in this study-The 10% is taken as hypothetical. As a result of the fact that the blockchain is a new technology, there is not enough data from the sector based on the application in the literature yet, so a hypothetical number has been used-). In reverse flow, the collection & recycling center collects auto parts that have expired or returned from customers, and offers them on sale for reuse by applying different processes according to their quality. According to the markets, there are customers in three different segments (Class A, B, C) each in a different region (Region 1, 2, 3) as seen in Figure 1. The collection & recycling center provides a number of incentives to customers according to their region and the quality of their products in order to increase the amount of returned auto parts. Product lifecycle information of returned products is obtained and shared through blockchain technology. The recovery processes applied by the collection & recycling center according to the region and quality are given in Table 1. These decisions are made based on returned product lifecycle information.

Case 3: In the third model, in the supply chain, only the forward flow members record all their transactions on the blockchain; that is, the blockchain technology is used only in the forward flow of the supply chain, and traditional applications are made in the reverse flow as in the first case.

Case 4: Another model is the opposite of the third case, that is, only the reverse flow members record all their transactions on the blockchain, the product life cycle information of the returned products is obtained and shared through blockchain technology, and the forward flow is carried out with traditional methods as in the first case.

Case 5: In this model, there is a mixed structure that reflects the transition from the first model to the second model. Namely, it is the case where only certain members of the chain record their transactions on the blockchain. It is assumed that only suppliers 2, 5, and 7 use blockchain technology in the forward flow and, thus the procurement costs for these suppliers are 10% less than their current situation; for reverse flow when the evaluation process of returned products is redesigned, it is assumed that only Region 2 uses blockchain technology and data on the quality of products returned from this region are obtained, other regions are not included in this technology network, so they do not record and share data on the blockchain of the supply chain. In this case, only the recovery processes of the second (Class B) region given in Table 1 will be applied.

In addition, the collection & recycling center, which has three facilities in different locations, aims to put maximum two of them into service with minimum cost and determine the customers who will receive service from these facilities. Other assumptions about the problem are given below.

- Customer demands are certain for each period and are fully met.
- The capacities of the suppliers are fixed and certain; the production capacity for other facilities is sufficient for all product requirements.
- There isn't stock out.
- The product and parts are processed in tones.
- The number of Collection & Recycling center facilities to be opened is known.
- All Collection & Recycling Center facilities are of equal quality.
- The locations where the Collection & Recycling Center facilities are to be opened are known.
- It has been assumed that no waste is generated from returned products.

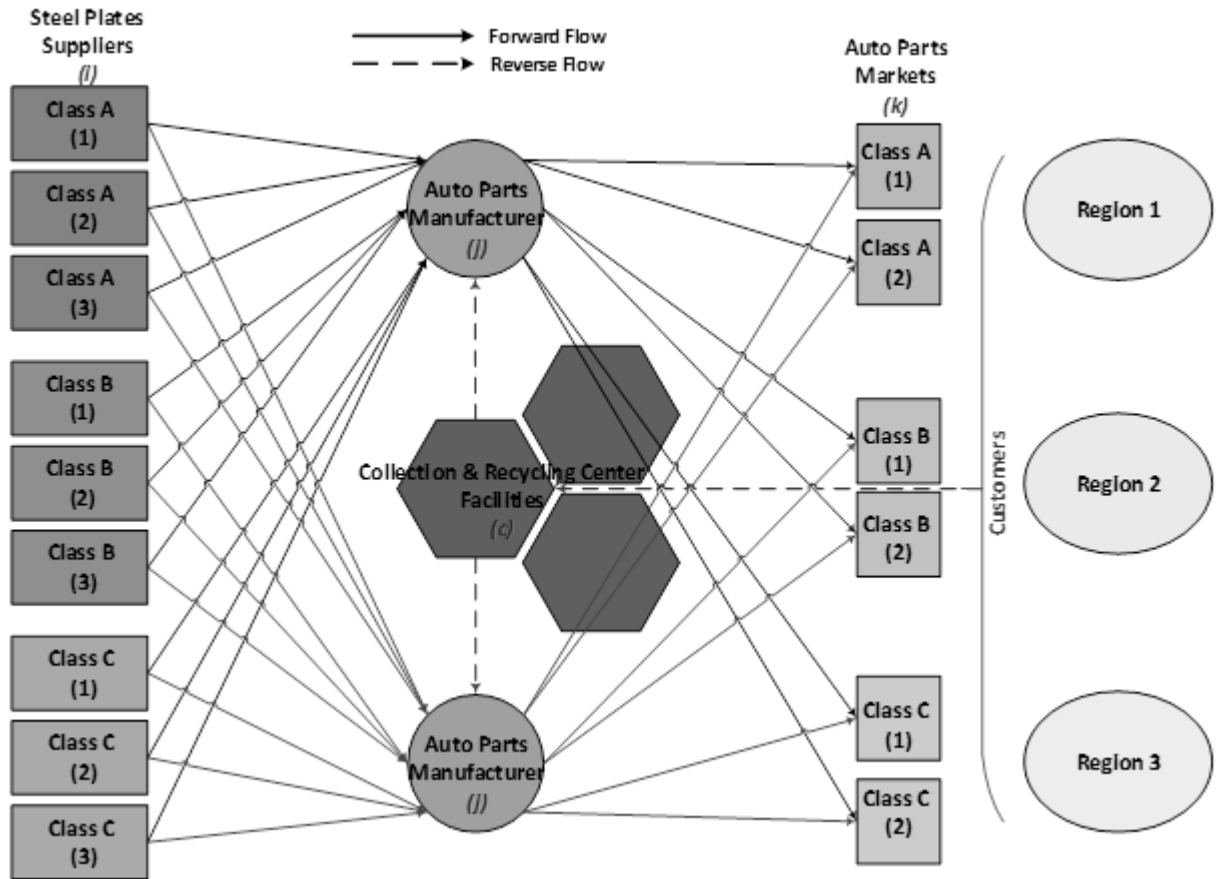


Figure 1. Representative CLSC network

Table 1. Recovery processes applied according to region and quality obtained by blockchain technology

Region	Quality 1	Quality 2
Region 1 (Class A)	After being sent to factories, these are renewed and sold as Class B auto parts to markets.	These are melted by the collection & recycling center and sent to the factories as Class B steel plates, and then remanufactured by the factory and sold as Class B auto parts to markets.
Region 2 (Class B)	After being sent to factories, these are renewed and sold as Class C auto parts to markets.	These are melted by the collection & recycling center and sent to the factories as Class C steel plates, and then remanufactured by the factory and sold as Class C auto parts to markets.
Region 3 (Class C)	These are melted by the collection & recycling center and sent to the factories as Class C steel plates, and then remanufactured by the factory and sold as Class C auto parts to markets.	These are thrown away by the customers.

4. MATHEMATICAL MODELS

In this section, firstly, a basic model is developed for the first case of the main problem under consideration. Then, with the implication of Blockchain technology to the existing supply chain model, changes on the model are included in line with four new scenarios (Cases 2, 3, 4, and 5). Based on the above assumptions, the model tries to maximize profit while meeting demand.

Model of Case 1

Indices

i : Suppliers ($i = 1, 2, \dots, I$)

j : Factories ($j = 1, 2, \dots, J$)

k : Markets ($k = 1, 2, \dots, K$)

c : Collection & recycling facilities ($c = 1, 2, \dots, C$)

m : Customer regions ($m = 1, 2, \dots, M$)

l : Steel plate classes ($l = 1, 2, \dots, L$)

n : Auto part classes ($n = 1, 2, \dots, N$)

t : Period ($t = 1, 2, \dots, T$)

Parameters

p_{ij} : Supply cost per unit of steel parts from supplier i

mr_j : Manufacturing cost per unit of auto parts in factory j

r_j : Remanufacturing cost per unit of auto parts in factory j

s_{jk} : Unit sales price of auto parts from factory j to market k

a : Unit steel plate transportation cost

b : Unit auto part transportation cost

e_{ij} : Distance between supplier i and factory j

f_{jk} : Distance between factory j and market k

g_{jc} : Distance between factory j and collection & recycling facility c

h_{cm} : Distance between collection & recycling facility c and customer region m

f_c : Fixed cost of opening and operating collection & recycling facility c

c_i : Capacity of supplier i

d_{kt} : Demand of market k in period t

h_{mt} : The number of product holders in m in period t

R : The amount of incentive to be paid for the returned product

p : Number of collection & recycling facilities to be opened

M : A big number

Three classes are defined for suppliers and markets. The class l steel plate and class n auto part are determined as follows. Here, nl_1 and nl_2 denote the boundaries of classes for steel plate l and nn_1 and nn_2 for auto part n .

$$l = \begin{cases} 1 & \text{(Class A)} & 1 \leq i < nl_1 \\ 2 & \text{(Class B)} & nl_1 \leq i < nl_2 \\ 3 & \text{(Class C)} & nl_2 \leq i \leq I \end{cases} \quad \forall i \quad \text{and} \quad 0 < nl_1 < nl_2$$

$$n = \begin{cases} 1 & \text{(Class A)} & 1 \leq k < nn_1 \\ 2 & \text{(Class B)} & nn_1 \leq k < nn_2 \\ 3 & \text{(Class C)} & nn_2 \leq k \leq K \end{cases} \quad \forall k \quad \text{and} \quad 0 < nn_1 < nn_2$$

Decision Variables

X_{ijt} : The amount of steel plate transported from supplier i to factory j in period t

Y_{jkt} : The amount of auto parts transported from factory j to market k in period t

Z_{cjt} : The amount of steel plate transported from collection and recycling facility c to factory j in the period t

V_{jnt} : The stock amount of class n auto part of factory j in period t

W_{ct} : The stock amount of steel plate of collection and recycling facility c in period t

y_c : $\begin{cases} 1 & \text{if the collection recycling facility } c \text{ is opened,} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

x_{mc} : $\begin{cases} 1 & \text{if customer region } m \text{ assigned to collection and recycling facility } c, \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

Objective Functions

In the model under consideration, the objective function is to maximize the total profit. That is, the model minimizes the total cost while maximizing the total revenue. Therefore, objective functions are calculated as the difference of total revenue (TR) and total cost (TC). The two-part objective function is given in Equation 1.

$$Z = TR - TC \quad (1)$$

1. Total Revenue (TR): The first part consists of income from the auto parts sold and is formulated as in Equation 2.

$$TR = \sum_j \sum_k \sum_t Y_{jkt} \cdot S_{jk} \quad (2)$$

2. Total Cost (TC): The company incurs four different costs: total purchasing cost (TPC), total manufacturing cost (TMC), total transportation cost (TTC), and fixed facility cost (TFC). Therefore, TC is formulated as in Equation 3.

$$TC = TPC + TMC + TTC + TFC \quad (3)$$

2.1. Total purchasing cost (TPC): The first part of the TPC shows the supply cost to meet the steel plate demand of the mills, and the second part shows the incentive cost paid to customers for used products. The supply cost here consists of many expenses such as order preparation, ordering, purchasing, commission, insurance, loading. The formulation of this item is given in Equation 4.

$$TPC = \sum_i \sum_j \sum_t X_{ijt} p_{ij} + \sum_m \sum_t h_{mt} R \quad (4)$$

2.2. Total manufacturing cost (TMC): It consists of the factory's unit steel plate processing cost and is formulated as in Equation 5.

$$TMC = \sum_i \sum_j \sum_t X_{ijt} m r_j + \sum_c \sum_j \sum_t Z_{cjt} r_j \quad (5)$$

2.3. Total transportation cost (TTC): Transportation is handled based on the steel plate and auto parts in the model. Steel plate transportation costs from suppliers to factories and again from the collection & recycling facility to the factories are considered equal. It is also assumed that auto part transportation costs from factories to markets and from customers to the collection and recycling facility are equal. Accordingly, the total transportation cost is calculated as in Equation 6.

$$TTC = a(\sum_i \sum_j \sum_t X_{ijt} e_{ij} + \sum_c \sum_j \sum_t Z_{cjt} g_{jc}) + b(\sum_j \sum_k \sum_t Y_{jkt} f_{jk} + \sum_m \sum_c \sum_t h_{mt} h_{cm} x_{mc}) \quad (6)$$

2.4. Total fixed facility cost (TFC): It is the cost incurred for the collection & recycling center facilities to be opened and is calculated as follows in Equation 7.

$$TFC = \sum_c f_c \cdot y_c \quad (7)$$

Constraints

$$[\sum_{i=1}^{n_1-1} X_{ijt} + V_{jn(t-1)}] - [\sum_{k=1}^{n_1-1} Y_{jkt} + V_{jnt}] = 0 \quad \forall j, t, n = 1 \quad (8)$$

$$[\sum_{i=n_1}^{n_2-1} X_{ijt} + V_{jn(t-1)}] - [\sum_{k=n_1}^{n_2-1} Y_{jkt} + V_{jnt}] = 0 \quad \forall j, t, n = 2 \quad (9)$$

$$[\sum_{i=n_2}^I X_{ijt} + \sum_c Z_{cjt} + V_{jn(t-1)}] - [\sum_{k=n_2}^K Y_{jkt} + V_{jnt}] = 0 \quad \forall j, t, n = 3 \quad (10)$$

$$[\sum_m h_{mt} + \sum_c W_{ct-1}] - [\sum_c \sum_j Z_{cjt} + \sum_c W_{ct}] = 0 \quad \forall t \quad (11)$$

$$\sum_j Y_{jkt} = d_{kt} \quad \forall k, t \quad (12)$$

$$\sum_j X_{ijt} \leq c_i \quad \forall i, t \quad (13)$$

$$\sum_c x_{mc} = 1 \quad \forall m \quad (14)$$

$$x_{mc} \leq y_c \quad \forall m, c \quad (15)$$

$$\sum_c y_c \leq p \quad (16)$$

$$Z_{cjt} \leq M \cdot x_{mc} \quad \forall m, c, j, t \quad (17)$$

$$W_{ct} \leq M \cdot x_{mc} \quad \forall m, c, t \quad (18)$$

$$X_{ijt}, Y_{jkt}, Z_{cjt}, V_{jnt}, W_{ct} \geq 0, \quad \forall i, j, k, c, n, m, q, t \quad (19)$$

$$y_c, x_{mc} = \{0, 1\}, \quad \forall c, m \quad (20)$$

Equations 8 - 11 (Balance Constraints) ensure that the amount of input for the factories and the collection & recycling center is equal to the amount of output. Equation 12 (Demand Constraint) indicates that auto parts sent to markets must meet the demand. Equation 13 (Capacity Constraint) ensures that the amount of steel plate transported from suppliers to factories cannot exceed the capacity of the relevant supplier. Equations 14 and 15 (Allocation Constraints) ensure that a customer region sends all returns to only one collection and recycling facility; in other words, each customer region is assigned only one collection and recycling facility and prevent that any customer regions from being assigned to a closed collection and recycling facility. Equation 16 (Number of Facilities Constraint) ensures that the number of open collection and recycling facilities is equal to p . Equations 17 and 18 (Utilization Constraints) if the collection and recycling facility is not open, prevent the flow of products from there to the factories and the keeping stocks in there. Equations 19 and 20 define the non-negativity and binary constraints on decision variables, respectively.

Model of Case 2

In the new situation, the improvement of the existing model, due to the use of blockchain technology by all members of the supply chain network, can be achieved by adding the following new index, parameters to the model and revising some existing notations, constraints and objective functions. The steel part supply costs (p_{ij}) from all suppliers in this model will be 10% less than the first model.

Additional indices

q : Returned product quality ($q = 1, 2, \dots, Q$)

Additional parameters

rf_j : Refurbishing cost per unit of auto parts in factory j

P_{mqt} : Proportion of customers with quality q product in region m who drop off their used products to the collection & recycling center in the period t .

Revised parameters

h_{mq} : Number of customers with the quality q product in region m (h_{mt})

R_{mq} : The amount of incentive offered per unit of quality q return from region m (R)

Revised decision variables

Z_{mqct} : The amount of quality q product in region m transported from collection and recycling facility c to factory j in the period t .

W_{mqct} : The stock amount of steel plate of collection and recycling facility c in period t .

Revised objective functions

Total purchasing cost (TPC): The first part of the TPC shows the supply cost to meet the steel plate demand of the mills, and the second part shows the incentive cost paid to customers for used products. Its formulation is given in Equation 21.

$$TPC = \sum_i \sum_j \sum_t X_{ijt} p_{ij} + \sum_m \sum_q \sum_t h_{mq} \cdot P_{mqt} \cdot R_{mq} \quad (21)$$

Total manufacturing cost (TMC): It consists of unit steel plate processing cost (production, remanufacturing and refurbishment costs) within the factory and is formulated as in Equation 22.

$$TMC = \sum_i \sum_j \sum_t X_{ijt} mr_j + (\sum_{m=1}^2 \sum_c \sum_j \sum_t Z_{m2cjt} + \sum_c \sum_j \sum_t Z_{31cjt}) r_j + \sum_{m=1}^2 \sum_c \sum_j \sum_t Z_{m1cjt} rf_j \quad (22)$$

Total transportation cost (TTC): In the model, transportation is handled based on the steel plate and auto parts. Steel plate transportation costs from suppliers to factories and again from the collection and recycling facilities to the factories are considered equal. It is also assumed that auto part transportation costs from factories to markets and from customers to the collection and recycling facility are equal. Accordingly, the total transportation cost is calculated as in Equation 23.

$$TTC = a(\sum_i \sum_j \sum_t X_{ijt} e_{ij} + \sum_m \sum_q \sum_c \sum_j \sum_t Z_{mqcjt} g_{jc}) + b(\sum_j \sum_k \sum_t Y_{jkt} f_{jk} + \sum_m \sum_q \sum_c \sum_t h_{mq} P_{mqt} h_{cm} x_{mc}) \quad (23)$$

Total Revenue (TR) and Total Fixed Facility Cost (TFC) objective functions are the same as in the first model.

Revised constraints

$$[\sum_{i=nl_1}^{nl_2-1} X_{ijt} + \sum_q \sum_c Z_{mqcjt} + V_{jn(t-1)}] - [\sum_{k=nn_1}^{nn_2-1} Y_{jkt} + V_{jnt}] = 0, \quad \forall j, t, n = 2, m = 1 \quad (24)$$

$$[\sum_{i=nl_2}^l X_{ijt} + \sum_q \sum_c Z_{2qcjt} + \sum_c Z_{31cjt} + V_{jn(t-1)}] - [\sum_{k=nn_2}^K Y_{jkt} + V_{jnt}] = 0, \quad \forall j, t, n = 3 \quad (25)$$

$$[h_{mq} \cdot P_{mqt} + \sum_c W_{mqct-1}] - [\sum_c \sum_j Z_{mqcjt} + \sum_c W_{mqct}] = 0 \quad \forall t, m = 1, 2 \mid q = 1, 2 \text{ or } m = 3 \mid q = 1 \quad (26)$$

$$Z_{mqcjt} \leq M \cdot x_{mc} \quad \forall m, q, c, j, t \quad (27)$$

$$W_{mqct} \leq M \cdot x_{mc} \quad \forall m, q, c, t \quad (28)$$

$$X_{ijt}, Y_{jkt}, Z_{mqcjt}, V_{jnt}, W_{mqct} \geq 0, \quad \forall i, j, k, c, n, m, q, t \quad (29)$$

Equations 24-26 (Balance Constraints) are revised version of constraints 10 and 11 in the first model- It ensures that the amount of incoming product is equal to the amount of output for the factories and the collection & recycling center. Equations 27 and 28 (Utilization Constraints) are revised version of Equations 17 and 18 in the first model- if the collection and recycling facility is not open, prevent the flow of products from there to the factories and the keeping stocks in there. Equation 29 (Sign Constraint) is a revised version of Equation 19 in the first model- shows that the decision variables should not be negative. Except for the above constraint; the first balance, demand, capacity, assignment, number of facilities, and binary variable constraints are the same as in the first model.

Model of Case 3

In this case, the current main model is implemented as it is without any revisions, as only forward flow blockchain technology is used in the supply chain network. Only the values of the p_{ij} parameter should be updated to be 10% less than the first model.

Model of Case 4

In the new case, the improvement of the existing model as a result of using blockchain technology only in reverse flow in the supply chain network can be achieved by revising it as in Case 2. Also, care should be taken to treat the p_{ij} parameter values as in the main model.

Model of Case 5

In the new case, the improvement of the existing model as a result of the fact that only suppliers 2, 5, and 7 use blockchain technology in the forward flow, and only Region 2 uses the blockchain technology in the reverse flow, can be achieved by adding the following new indices, parameters and continuous variables to the model, and revising some existing notation, constraints and objective functions, and adding additional constraints. In addition, care should be taken to update only the p_{ij} parameter values of suppliers 2, 5, and 7.

Additional indices

q : Returned product quality ($q = 1, 2, \dots, Q$)

Additional parameters

rf_j : Refurbishing cost per unit of auto parts in factory j

h_{2q} : Number of customers with the quality q product in region 2

P_{qt} : Proportion of customers with quality q product in region 2 who drop off their used products to the collection & recycling center in the period t .

Revised parameters

R_q : The amount of incentive to be paid for per unit of quality q product (R)

Revised decision variables

Z_{2qcjt} : The amount of quality q product in region 2 transported from collection and recycling facility c to factory j in the period t

W_{2qct} : The stock amount of steel plate of collection & recycling facility c from region 2 in period t

Revised objective functions

Total purchasing cost (TPC): The first part of the TPC shows the supply cost to meet the steel plate demand of the mills, and the second and third part shows the incentive cost paid to customers for used products. Its formulation is given in Equation 30.

$$TPC = \sum_i \sum_j \sum_t X_{ijt} p_{ij} + \sum_{\{m \in M | m=1 \text{ or } m=3\}} \sum_t h_{mt} R_2 + \sum_q \sum_t h_{2q} P_{qt} R_q \quad (30)$$

Total manufacturing cost (TMC): It consists of unit steel plate processing cost (production, remanufacturing and refurbishment costs) within the factory and is formulated as in Equation 31.

$$TMC = \sum_i \sum_j \sum_t X_{ijt} m r_j + \sum_c \sum_j \sum_t (Z_{cjt} + Z_{22cjt}) r_j + Z_{21cjt} r f_j \quad (31)$$

Total transportation cost (TTC): In the model, transportation is handled based on the steel plate and auto parts. Steel plate transportation costs from suppliers to factories and again from the collection and recycling facilities to the factories are considered equal. It is also assumed that auto part transportation costs from factories to markets and from customers to the collection and recycling facility are equal. Accordingly, the total transportation cost is calculated as in Equation 32.

$$TTC = a(\sum_i \sum_j \sum_t X_{ijt} e_{ij} + (\sum_c \sum_j \sum_t Z_{cjt} + \sum_q \sum_c \sum_j \sum_t Z_{2qcjt}) g_{jc}) + b(\sum_j \sum_k \sum_t Y_{jkt} f_{jk} + \sum_{\{m \in M | m=1 \text{ or } m=3\}} \sum_c \sum_t h_{mt} h_{cm} x_{mc} + \sum_q \sum_c \sum_t h_{2q} P_{qt} h_{c2} x_{2c}) \quad (32)$$

Total revenue (TR) and total fixed facility cost (TFC) objective functions are the same as in the first model.

Revised constraints

$$[\sum_{i=1}^I \sum_t X_{ijt} + \sum_c Z_{cjt} + \sum_q \sum_c Z_{2qcjt} + V_{jn(t-1)}] - [\sum_{k=1}^K \sum_t Y_{jkt} + V_{jnt}] = 0 \quad \forall j, t, n = 3 \quad (33)$$

$$[\sum_{\{m \in M | m=1 \text{ or } m=3\}} h_{mt} + \sum_c W_{ct-1}] - [\sum_c \sum_j Z_{cjt} + \sum_c W_{ct}] = 0 \quad \forall t \quad (34)$$

$$Z_{cjt} \leq M \cdot x_{mc} \quad \forall m \in M | m = 1 \text{ or } m = 3, c, j, t \quad (35)$$

$$W_{ct} \leq M \cdot x_{mc} \quad \forall m \in M | m = 1 \text{ or } m = 3, c, t \quad (36)$$

$$X_{ijt}, Y_{jkt}, Z_{cjt}, V_{jnt}, W_{ct}, Z_{2qcjt}, W_{2qct} \geq 0, \quad \forall i, j, k, c, n, q, t \quad (37)$$

Additional Constraints

$$[h_{2q} P_{qt} + \sum_c W_{2qct-1}] - [\sum_c \sum_j Z_{2qcjt} + \sum_c W_{2qct}] = 0, \quad \forall q, t \quad (38)$$

$$Z_{2qcjt} \leq M \cdot x_{2c} \quad \forall q, c, j, t \quad (39)$$

$$W_{2qct} \leq M \cdot x_{2c} \quad \forall q, c, t \quad (40)$$

Equations 33 and 34, which are the revised version of Equations 10 and 11 in the first model, and Equation 38 which is newly added to the model (Balance Constraints) ensures that the amount of incoming product is equal to the amount of output for the factories and the collection & recycling center. Equations 35 and 36, which are the revised version of Equations 17 and 18 in the first model and Equations 39 and 40 which are newly added to the model (Utilization Constraints), if the collection and recycling facility is not open, prevent the flow of products from there to the factories and the keeping stocks in there. Equation 37, which is a revised version of Equation 19 in the first model (Sign Constraint) shows that the decision variables should not be negative. Except for the above constraint; the first and second balance, demand, capacity, assignment, number of facilities and binary variable constraints are same as in the first model.

Data Set for Application

The planning of the main model was made over three periods. Unit steel plate transportation cost (a), unit auto part transportation cost (b), incentive amount to be paid to the returned product (R), and the

number of collection and recycling facilities to be opened (p) were determined as \$0.04, \$0.08, \$7 and \$2 respectively. For steel plate and auto part, the limits of classes are considered as $nl_1 = 4$, $nl_2 = 7$, $nn_1 = 3$, and $nn = 5_2$. Other parameters are given in the following tables (2-4). For the models of Case 2 and Case 3, the refurbishment costs (r_{fj}) of the factories were determined as \$3 and \$3.2 respectively, and the additional required parameters are given in Table 5 and Table 6, respectively. The p_{ij} values given in Table 2 should be updated to be 10% less than specified in the Models of Case 2, 3 and 5.

Table 2. Steel plate supply costs (p_{ij}), processing costs (m_{rj} , r_j) and supplier capacities (c_i)

Suppliers (i)	Factories (j)		c_i
	p_{ij}		
1	30	28.5	600
2	30	30	700
3	30	30.3	750
4	21	22	950
5	20	20	900
6	20.5	20.5	850
7	10	10	450
8	10	10.2	480
9	10	10	496
m_{rj}	7	7.2	
r_j	8	8.2	

Table 3. Auto parts sales prices (s_{jk}) and customer (market) demands (d_{kt})

Factories (j)	Markets (k)					
	s_{jk}					
1	350	350	120	120	95	95
2	360	360	130	130	98	98

Period (t)	Markets (k)					
	d_{kt}					
1	200	200	300	250	400	440
2	360	300	200	420	490	405
3	300	150	230	250	400	440

Table 4. Distances (e_{ij} , f_{ik} , g_{jc} , h_{cm}), number of product holders (h_{mt}), fixed costs (f_c)

Suppliers (i)	Factories (j)								
	e_{ij}								
1	300	350	330	450	400	440	500	450	490
2	360	300	200	420	490	405	630	502	500

Factories (j)	Markets (k)					
	f_{jk}					
1	200	250	120	128	90	85
2	220	208	128	125	80	87

Factories (j)	C&R facilities (c)		
	g_{jc}		
1	95	180	150
2	120	220	120

Cust. regions (m)	C&R facilities (c)			Cust. regions (m)	Period (t)		
	h_{cm}				h_{mt}		
1	50	52	15	1	250	350	325
2	35	20	30	2	250	350	325
3	35	75	20	3	250	350	325

	f_c		
	500	700	650

Table 5. For models of Case 2 and 4: Number of product holders by region (h_{mq}), incentive amounts (R_{mq}) and customer rates (P_{mqt})

		Period (t)									
		h_{mq}		R_{mq}		P_{mqt}					
Returned product quality (q)	Customer regions (m)	1	2	1	2	1		2		3	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	500	600	13	10	0,3	0,2	0,6	0,6	0,1	0,2
2	2	400	750	10	7	0,4	0,3	0,5	0,5	0,1	0,2
3	3	750	0	7	0	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,2

Table 6. Customer rates (P_{qt}), number of product holders in the region 2 (h_{2q}), and incentive amounts (R_q) for the model of Case 5

Returned product quality (q)	Period (t)			h_{2q}	R_q
	1	2	3		
1	0,4	0,5	0,1	400	10
2	0,3	0,5	0,2	750	7

5. FINDINGS

The developed mixed-integer linear programming models were solved separately for different cases with the GAMS package program: in line with the data, the following results were obtained (Table 7).

Table 7. Optimal objective function values

Objective Functions	Z	TR	TC	TPC	TMC	TTC	TFC
Case 1	746980.20	1010450	263469.80	101478.0	43777	117564.80	650
Case 2	771611.00	1010450	238839.00	84400.20	39792	113996.80	650
Case 3	755028.00	1010450	255422.00	93430.20	43777	117564.80	650
Case 4	765233.20	1010450	245216.80	90778.00	39792	113996.80	650
Case 5	749808.20	1010450	260641.80	101778.0	41867	116346.80	650

Since the demands are equal in all five cases, the revenues (TR) are also the same. Again, in all scenarios, only the 3rd collection & recycling facility was opened, and all regions were assigned to this facility, and thus equal fixed operating costs were incurred. Apart from this, other costs incurred differ for all scenarios, and accordingly, different results on profits are revealed for all scenarios.

In order to more clearly observe the contribution of blockchain technology to the supply chain through different scenarios, the scenarios are presented in Figure 2 by ranking according to the objective function (total profit) values. Above the curve - the right-pointing arrows represent the forward flow, and below the curve -the left-pointing arrows represent the reverse flow of the supply chain network in Figure 2. Blank arrows indicate that blockchain technology was not applied on the respective flow; half-full arrows indicate that it was partially applied; full arrows indicate that it was fully applied.

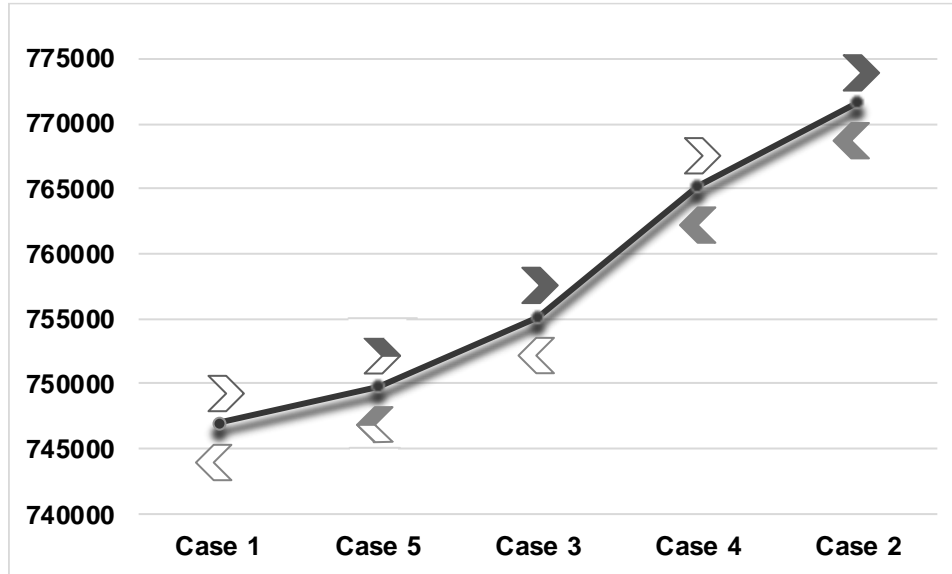


Figure 2. The impact on profits of scenarios based on different blockchain technologies applied to the supply chain

Accordingly, the total profit (Z) is the least in the main model (Case 1), where the blockchain technology is not used on both flows, and the maximum in Case 2, where the blockchain technology is used by all members in the supply chain network. When we compare Case 5, where the blockchain technology is partially applied, and other scenarios, we can say that the full application of this technology gives more efficient results. On the other hand, the values obtained in Cases 3 and 4, applied separately in forward and reverse flow, clearly show that applying blockchain technology to the supply chain network on reverse flow rather than forward flow is more effective. This is due to the application rates of different product recovery options are constantly changing because of the uncertainties involved in the reverse flow, and expensive inspections and time are required to determine returned product status; In summary, it is due to the fact that it is a more difficult type of flow to make forecasts, plans and controls. Therefore, applying blockchain technology to the supply chain on reverse flow will solve more problems and provide greater gains than applying it to forward flow.

The inferences as a result of the scenario analysis demonstrate that blockchain technology has the ability to reduce supply chain costs significantly. In this direction, it is expected that companies that will apply such an important technology will gain a great advantage in increasing their profits.

6. CONCLUSION

With the improvements in technology, important innovations appear in every area and the requirements differ. Although the application of blockchain technology in the supply chain is still a new subject, the estimations on this subject are excessively important.

In this article, the problem of maximizing the profit of a CLSC consisting of two different manufacturers and a collection & recycling center with more than one facility is discussed. First, a basic model is developed for the first case of the main problem under consideration. Afterward, a blockchain technology approach is presented in line with four new scenarios to improve the existing supply chain model. This paper demonstrates the integrability of blockchain into the supply chain and aims to discover what kind of gains will be reached by blockchain technology applications in the existing supply chain and how this will affect the costs.

All developed models were solved using the GAMS 24.0.1/CPLEX package program and according to the results, the total profit was the lowest in the main model without blockchain technology and the highest in the scenario where blockchain technology was fully used. The other three scenarios in which the blockchain technology was partially applied did not yield as efficient results as fully implementing it. The values obtained as a result of integrating only forward and only reverse flow from partially applied scenarios showed that it is more effective to apply blockchain technology to the supply chain network on reverse flow rather than forward flow.

The findings obtained from the study are seen as providing and accelerating the real-time, accurate data flow between the parties as a result of the implementation of the blockchain in all supply chain

processes, especially in reverse flow. In this way, the uncertainties of reverse flow can be eliminated and expensive inspections and time loss can be prevented. Apart from this, it can reduce the money and time spent in the supply process by providing communication and reliability between members. Thus, efficiency increases, waste is prevented and costs are reduced.

Given that blockchain technology is in its infancy, few articles have been published in top academic journals so far. It is still vague how different blockchain technologies will work together and integrate with other technological systems. The effect of these technologies on supply chains creates a research gap that applies to both practitioners and academics. For instance, a blockchain provides the advantage of immutability, which is seen as an essential feature. However, immutability can now be seen as a negative feature due to the renewed interest in creating 'mutable' blockchains. Therefore, additional academic research is needed to rigorously explore, explain and predict different application scenarios (Rejeb et al., 2019). This study can inspire practitioners and researchers to use of blockchain technology for different areas in future studies.

As a result of the fact that the blockchain is a new technology, sufficient and appropriate data from the application-based sector has not yet been reached, and the data used for the model proposed in the study were hypothetically produced by the researchers. The limitation of the study is that the data were not measured from a real business. Future studies may focus on the actual rate determination of the assumed 10% cost savings in the forward chain. For a better understanding of blockchain technology importance on supply chain management, reducing investment costs and eliminating its deficiencies, many advanced methods and empirical studies can be carried out in this field. Thus, it can be prevented that practitioners' approach this fairly new technology cautiously.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Belkız Torğul: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Modelleme, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak Turan Paksoy: Kavramsallaştırma, Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

Belkız Torğul: Literature review, Conceptualization, Methodology, Modelling, Data Curation, Analysis, Writing-original draft Turan Paksoy: Conceptualization, Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

REFERENCES

- Andrei, N. (2013). "Introduction to GAMS Technology", *Nonlinear Optimization Applications Using the GAMS Technology*, Springer Optimization and Its Applications, 81, Springer, Boston, MA.
- Azzi, R., Chamoun, R.K. and Sokhn, M. (2019). "The Power of a Blockchain-based Supply Chain", *Computers & Industrial Engineering*, 135, 582-592.
- Batwa, A. and Norrman, A. (2020). "A Framework for Exploring Blockchain Technology in Supply Chain Management", *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 13(3), 294-306.
- Casado-Vara, R., Prieto, J., De la Prieta, F. and Corchado, J.M. (2018). "How Blockchain Improves the Supply Chain: Case Study Alimentary Supply Chain", *Procedia Computer Science*, 134, 393-398.
- Casino, F., Kanakaris, V., Dasaklis, T.K., Moschuris, S. and Rachaniotis, N.P. (2019). "Modeling Food Supply Chain Traceability Based on Blockchain Technology", *Ifac-Papersonline*, 52(13), 2728-2733.
- Choi, T-M. (2020). "Supply Chain Financing Using Blockchain: Impacts on Supply Chains Selling Fashionable Products", *Annals of Operations Research*, 1-23.
- Cole, R., Stevenson, M. and Aitken, J. (2019). "Blockchain Technology: Implications for Operations and Supply Chain Management", *Supply Chain Management: An International Journal*.
- Di Vaio, A. and Varriale, L. (2020). "Blockchain Technology in Supply Chain Management for Sustainable Performance: Evidence from the Airport Industry", *International Journal of Information Management*, 52, 102014.
- Dietrich, F., Ge, Y., Turgut, A., Louw, L. and Palm, D. (2021). "Review and Analysis of Blockchain Projects in Supply Chain Management", *Procedia Computer Science*, 180, 724-733.
- Dutta, P., Choi, T-M., Somani, S. and Butala, R. (2020). "Blockchain Technology in Supply Chain Operations: Applications, Challenges and Research Opportunities", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142, 102067.
- Esmailian, B., Sarkis, J., Lewis, K. and Behdad, S. (2020). "Blockchain for the Future of Sustainable Supply Chain Management in Industry 4.0", *Resources, Conservation and Recycling*, 163, 105064.
- Júnior, C.A.R., Sanseverino, E.R., Gallo, P., Koch, D., Schweiger, H-G. and Zanin, H. (2022). "Blockchain Review for Battery Supply Chain Monitoring and Battery Trading", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157, 112078.
- Kamble, S.S., Gunasekaran, A., Subramanian, N., Ghadge, A., Belhadi, A. and Venkatesh, M. (2021). "Blockchain Technology's Impact on Supply Chain Integration and Sustainable Supply Chain Performance: Evidence from the Automotive Industry", *Annals of Operations Research*, 1-26.
- Kumar, M.V. and Iyengar, N. (2017). "A Framework for Blockchain Technology in Rice Supply Chain Management", *Adv. Sci. Technol. Lett*, 146, 125-130.
- Li, Z., Guo, H., Barenji, A.V., Wang, W.M., Guan, Y. and Huang, G.Q. (2020). "A Sustainable Production Capability Evaluation Mechanism Based on Blockchain, LSTM, Analytic Hierarchy Process for Supply Chain Network", *International Journal of Production Research*, 58(24), 7399-7419.
- Moosavi, J., Naeni, L.M., Fathollahi-Fard, A.M. and Fiore, U. (2021). "Blockchain in Supply Chain Management: A Review, Bibliometric, and Network Analysis", *Environmental Science and Pollution Research*, 1-15.
- Queiroz, M.M., Telles, R. and Bonilla, S.H. (2019). "Blockchain and Supply Chain Management Integration: A Systematic Review of the Literature", *Supply Chain Management: An International Journal*.
- Rejeb, A., Keogh, J.G. and Treiblmaier, H. (2019). "Leveraging the Internet of Things and Blockchain Technology in Supply Chain Management", *Future Internet*, 11(7), 161.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J. and Shen, L. (2019). "Blockchain Technology and Its Relationships to Sustainable Supply Chain Management", *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117-2135.
- Schmidt, C.G. and Wagner, S.M. (2019). "Blockchain and Supply Chain Relations: A Transaction Cost Theory Perspective", *Journal of Purchasing and Supply Management*, 25(4), 100552.
- Sund, T., Löf, C., Nadjm-Tehrani, S. and Asplund, M. (2020). "Blockchain-Based Event Processing in Supply Chains- A Case Study at IKEA", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 65, 101971.
- Tönnissen, S. and Teuteberg, F. (2020). "Analysing the Impact of Blockchain-Technology for Operations and Supply Chain Management: An Explanatory Model Drawn from Multiple Case Studies", *International Journal of Information Management*, 52, 101953.
- Treiblmaier, H. (2018). "The Impact of the Blockchain on the Supply Chain: A Theory-Based Research Framework and A Call for Action", *Supply Chain Management: An International Journal*.
- Wamba, S.F. and Queiroz, M.M. (2020). Blockchain in the Operations and Supply Chain Management: Benefits, Challenges and Future Research Opportunities. In: Elsevier.

- Wang, M., Wu, Y., Chen, B. and Evans, M. (2020). "Blockchain and Supply Chain Management: A New Paradigm for Supply Chain Integration and Collaboration", *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 14(1), 111-122.
- Wang, Y., Han, J.H. and Beynon-Davies, P. (2019). "Understanding Blockchain Technology for Future Supply Chains: A Systematic Literature Review and Research Agenda", *Supply Chain Management: An International Journal*.
- Wong, L-W., Tan, G. W-H., Lee, V-H., Ooi, K-B. and Sohal, A. (2020). "Unearthing the Determinants of Blockchain Adoption in Supply Chain Management", *International Journal of Production Research*, 58(7), 2100-2123.

Şirket Performans Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi: BİST-30 Şirketleri Üzerinde Analitik İnceleme

Yaşar KÖSE¹, Emre YILMAZ²

ÖZET

Amaç: Çalışmanın amacı, şirketlerin değer yaratma esasına dayalı önemli finansal performans göstergeleri olan Serbest Nakit Akımı (FCF), Firma Değeri (EV), Firma Değeri/Faiz, Vergi ve Amortisman Öncesi Kar (EV/EBITDA) ve Fiyat/Kazanç (P/E) aralarındaki ilişkilerin belirlenmesi ve yorumlanmasıdır.

Yöntem: Çalışmada BİST 30 şirketlerinin 2015-2021 yıllarında FCF ile EV, P/E ve EV/EBITDA yıllık değerleri arasındaki ilişki panel veri analiz yöntemi ile incelenmiştir.

Bulgular: Yapılan analizler sonucunda FCF ile EV ve P/E aralarında aynı yönlü; FCF ile EV/EBITDA arasında ters yönlü ilişki olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulguların literatürdeki çalışmalarla kısmen uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Özgünlük: Çalışmanın BİST-30 endeksindeki kapsamındaki şirketler için değer maksimizasyonunu esas alan şirket performans ölçüm göstergeleri belirlenerek bu göstergeler arasındaki ilişkiler ortaya konulması ve yorumlanması açısından özgün olduğu değerlendirilmektedir. Daha önce literatürde incelenen örneklem ve zaman aralığında herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Serbest Nakit Akışı, Firma Değeri, Faiz, Vergi ve Amortismandan Önceki Kâr.

JEL Kodları: C33, G32, G35.

Determining the Relationships Between Company Performance Parameters: Analytical Analysis on BIST-30 Companies

ABSTRACT

Purpose: The aim of the study is to determine and to interpret the relationship between Free Cash Flow (FCF), Firm Value (EV), Firm Value/Earnings Before Interest, Taxes and Depreciation (EV/EBITDA) and Price/Earnings (P/E) which are important financial performance indicators of companies based on value creation.

Methodology: In the study, the relationship between the annual values of FCF and EV, P/E and EV/EBITDA of BIST 30 companies was examined by panel data analysis method in the years 2015-2021.

Findings: As a result of the analysis; it has been determined that EV and P/E are in the same direction with FCF and there is an inverse relationship between FCF and EV/EBITDA. It was determined that the findings are partially consistent with the studies in the literature.

Originality: The study is original in terms of revealing and interpreting the relationships between performance measurement indicators based on value maximization for the companies within the scope of the BIST-30 index. There is no study using same sample and time period previously in the literature.

Keywords: Free Cash Flow, Enterprise Value, Earning Before Interest, Tax and Depreciation.

JEL Codes: C33, G32, G35.

¹ Doç. Dr., Türk Hava Kurumu Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye, ykose@thk.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0073-2095 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Öğr. Görevlisi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Ankara Havacılık Meslek Yüksek Okulu, Ankara, Türkiye, emreyilmaz@thk.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6875-8403.

DOI: 10.51551/verimlilik.1136897

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 28.06.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 06.12.2022

Atıf: Köse, Y. ve Yılmaz, E. (2023). "Şirket Performans Parametreleri Aralarındaki İlişkilerin Belirlenmesi: BİST-30 Şirketleri Üzerinde Analitik İnceleme", *Verimlilik Dergisi*, 57(1), 199-210.

EXTENDED ABSTRACT

In order to manage a company well, it is necessary to qualitatively and quantitatively measure and analyze its performance at the end of a certain period of activity and determine the degree of achievement of its objectives. Free Cash Flow (FCF), Firm Value (EV), Firm Value/Interest, Earnings Before Taxes and Depreciation (EV/EBITDA), and Price/Earnings (P/E), which are important financial performance indicators based on value creation.

The aim of the study is to determine and interpret the relationship between Free Cash Flow (FCF), Firm Value (EV), Firm Value/Earnings Before Interest, Taxes, and Depreciation (EV/EBITDA), and Price/Earnings (P/E) which are important financial performance indicators of companies based on value creation. Although there are various studies on the Turkish Financial Market, there is no study on the BIST 30 sample, which is one of the most important indexes of the Turkish Financial Market. This situation is the main motivation for this study.

In the study, annual values of FCF, EV, P/E, EV/EBITDA of BIST 30 companies between 2015 and 2021 were analyzed by panel data analysis method. The dependent and independent variables used in the study were obtained from the annual end-of-period data of MarketScreener (2022). The dependent variable of the study was the FCF of the companies; The independent variables were determined as EV, P/E ratio, and EV/EBITDA ratio, respectively.

According to the findings a positive correlation was found between FCF and EV at a 90% significance level, a positive correlation was found between FCF and PE at a 95% significance level, and a negative correlation was found between FCF and EV/EBITDA at a 99% significance level. The series were included in the analysis by taking their logarithms. The changes between the coefficients for these reasons are expressed as percentages. According to the coefficients of the results a 1% increase in the EV value affects the dependent variable, FCF, by 0.2%, in the same direction. A 1% increase in P/E value has a positive effect on FCF by 0.1%. There is an inverse relationship between EV/EBITDA and FCF. Accordingly, a 1% increase in the EV/EBITDA value affects the FCF value by 0.28% negatively (inversely).

It was determined that the purpose of the study, which was determined as making an evaluation by determining the company performance measurement indicators based on value maximization for companies within the scope of the BIST-30 index and by determining the relationships between these indicators, was achieved with the findings obtained at the end of the analysis. According to the findings obtained, there is an inverse relationship between the selected dependent variable FCF and EV and P/E ratio, and an inverse relationship between EV/EBITDA. It has been determined that the findings obtained in this respect are compatible with the studies of Ghodrati and Hashemi (2014), Jensen (1986), Wang (2010) in the literature.

In the study, one of the important financial indicators for the purpose of maximizing the value of a company; Relationships between FCF, EV, EV/EBITDA, EV/R, P/E were examined in the sample of BIST-30 companies. The value of a firm is determined by the actual value of its operations, the current and future cash flows of its operations, rather than its net profit, which is accounting profit. In other words, the value of its operations depends on all expected future FCFs. Therefore, the way for managers to make their firms more valuable is to increase free cash flow now and in the future.

Evaluating the firm's performance with the parameters discussed in the study and considered to be more realistic, rather than evaluating it with traditional financial ratios and analyzes will yield healthier results. From this point of view, it is important to calculate and evaluate the relations between these parameters specified in the companies. It is considered that this study and the results may contribute to the literature in terms of the examined period and sample.

In practice, the firm's financial managers' knowledge of the concepts and parameters of FCF, EV, EV/EBITDA, and their calculations for their own companies, taking the necessary measures according to the results and establishing their strategic planning on these financial parameters will increase the market value of the firm and the value of its stocks.

1.GİRİŞ

Bir şirketin yönetilebilmesi için belirli bir faaliyet dönemi sonunda ortaya koydukları performansın nitel ve nicel olarak ölçülmesi, analiz edilmesi ve hedeflerine ulaşma derecesinin belirlenmesi gereklidir. Şirket performans analiz çalışmalarının yapılması, şirketin finansal durumu hakkında birtakım bilgiler sunarken, ilerleyen dönemlerde belirlenecek stratejiler için yol gösterici olacaktır. Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmeler ve bununla birlikte yeni yönetim yaklaşımları farklı ülkelerde ve sektörlerde faaliyet gösteren şirketlerin geleneksel performans ölçüm yöntem ve analizlerinin geliştirmesini ve günümüz işletmecilik anlayışına göre uyarlamasını gerekli hale gelmektedir.

Başlangıçta; oran analizi, trend analizi, yatay ve dikey analizler gibi finansal tablolar üzerinden yapılan geleneksel performans ölçümleri ve hesaplamaları şirket performansının belirlenmesi için kullanılırken; günümüzde değer yaratmayı amaçlayan, başarı ve değeri ölçen yönetim yaklaşımları çerçevesinde, gelecek yönelimli ve şirket değerini maksimize etmeyi temel amaç kabul eden; serbest nakit akışı, firma değeri, firma değeri/faiz, vergi ve amortisman öncesi kar, firma değeri/satışlar, fiyat/kazanç gibi performans ölçüm göstergeleri ön plana çıkmaktadır.

Değere dayalı yönetim anlayışında firmanın nihai hedefinin değer maksimizasyonu olduğu kabul edilmekteelde edilen kârlar veya kârlılıktaki artışlar gibi geleneksel finans performans ölçütleri her zaman temel göstergeleri yansıtamamaktadır (Ercan ve Ban, 2018: 334). Özellikle firmaların elde ettiği muhasebe kazançları ile mal ve hizmet satın almaları, çalışanlarına ödeme yapmaları veya yeni yatırımları finanse edebilmeleri için fona veya nakite ihtiyaçları vardır. Bu nedenlerden dolayı firmanın yaratılan serbest nakit akışlarına ihtiyacı olacaktır ve finanslama kararlarından bağımsız olarak yürütülen projeler üzerinde serbest nakit akışının önemli bir etkisi olacaktır (Berk ve DeMarzo, 2020: 281).

Değere dayalı finansal performans ölçümleri, genellikle geleneksel ölçümlere göre firmalara finansal performans hakkında daha doğru ve sağlıklı bilgiler sunmaktadır. Bir firmanın sermaye maliyetinin hesaplanmasında değere dayalı ölçütlerin kullanılmasının firmanın değer yaratma kapasitesinin belirlenmesini kolaylaştırır. Ayrıca, geleneksel muhasebe bilgilerinin sınırlamalarından kaynaklanan bazı muhasebe çarpıklıklarının da ortadan kaldırılmasında önemli yararları vardır (Erasmus, 2008: 66).

Şirketler emek, sermaye, girişim, hammadde ve yarımamul gibi çeşitli üretim faktörlerini kullanarak mal ve hizmet üretmek müşterilerine sunar ve gelir ve karlılık sağlar. Bu girdi ve çıktı ilişkisi içerisinde; ya belirli bir miktar girdi ile en fazla çıktı, ya da en az girdi ile belirli bir miktar çıktı elde etmek amaçlanmaktadır. Çıktı olarak nitelendirilebilecek kar ve değer maksimizasyonu verimliliğin ölçülmesinde ve artırılmasında önemli parametrelerdir. Klasik işletmecilik anlayışına göre şirket performansını ölçen çeşitli finansal analiz yöntem ve göstergeleri, teknolojik gelişme ve çağdaş yönetim yaklaşımlarını karşılamada yetersiz kalmaktadır. Bu nedenlerden dolayı şirket temel finansal amacını yansıtan değer maksimizasyonunu esas alan anlayışla uyumlu değer yönelimli performans analiz, yöntem ve göstergelerinin kullanılması gereklidir. Çalışmada ele alınan değere dayalı performans ölçüm yöntemleri ve göstergelerinin, esas olarak şirket verimliliği ile yakın ilgisi vardır. Verimliliğin artırılması ve geliştirilebilmesi için öncelikle doğru ve gerçekçi bir şekilde ölçülmesi ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi şirketler için önemlidir. Bu noktadan hareketle şirket verimliliği veya performansının ölçülmesi, çalışmada incelenen yaklaşım ve göstergelerin kullanılmasıyla daha sağlıklı sonuçlar verecektir.

Serbest nakit akışı (FCF), firma değeri (EV), firma değeri/faiz, amortisman ve vergi öncesi kar (EV/EBITDA), fiyat/kazanç (P/E) oranı gibi çalışmaya konu olan değişkenler ve aralarındaki ilişkiler literatürde farklı örneklem ve yıllar arasında kısmen incelemiş olmasına rağmen; çalışmada ele alınan zaman aralığı ve örneklem açısından hem ulusal hem de uluslararası düzeyde bir çalışmaya rastlanmamış olup bu yönüyle çalışmanın özgün olduğu değerlendirilmektedir. Bu çalışmanın amacı, BIST-30 endeksi kapsamındaki şirketler için değer maksimizasyonunu esas alan şirket performans ölçüm göstergeleri ve bu göstergeler arasındaki ilişkileri belirleyerek değerlendirme yapmaktır.

Bu çalışmada, giriş bölümünden sonra değer maksimizasyonunu esas alan ölçüm yöntemleri hakkında kavramsal açıklamalar yapılmış, literatür incelemesinin ardından çalışmanın analitik incelemesi yapılmış ve elde edilen bulgular, literatür incelemesi çerçevesinde tartışılmış ve değerlendirmeler yapılmıştır.

2. DEĞER MAKSİMİZASYONUNU ESAS ALAN PERFORMANS ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

FCF, şirketlerin performansını ölçmek için önemli bir göstergedir ve şirket varlıklarının sürdürülmesi veya geliştirilmesi için harcama yapıldıktan sonra şirketin kullanabileceği nakit miktarını gösterir. FCF, şirketin devam eden operasyonlarını sürdürmek için gerekli yatırımları yaptıktan sonra şirketin tüm yatırımcılarına dağıtılabilmesi için nakit akışıdır (Ehrhardt ve Brigham, 2011: 59). Bu nedenle, serbest nakit akışı şirket performansı için çok önemlidir; çünkü firma değerini artırmak veya maksimizasyonu için bir fırsat veya kaynak olarak değerlendirilmektedir. Nakit akışı olmaması; yeni ürün geliştirme, iş başarısı elde etme,

hissedarlara nakit ödeme yapma ve borç erteleme gibi birçok önlemi imkânsız hale getirecektir. Öte yandan şirkette bulundurulması gereken nakit miktarı, nakit bulundurma maliyetleri ile yetersiz nakit maliyetlerini dengeleyen uygun bir düzeyde olmalıdır.

FCF; EBITDA'dan daha doğru bir ölçüdür. Çünkü serbest nakit akışı hesaplamasında; büyük sermaye harcamaları hariç tutulur ve işletme varlıkları ve yükümlülüklerindeki değişiklikler nedeniyle nakitteki değişim belirlenir. FVÖK ve Net Kâr gibi ölçütler, bir işletmenin gerçek nakit akımını hatalı gösteren nakit dışı giderleri de içermektedir (Berk ve DeMarzo, 2020: 281).

Pozitif serbest nakit akışına sahip şirketler yüksek performansa sahiptir. Şirketin yüksek performansı kamu kurumlarının (vergi idareleri) dikkatini çektiğinden, kar yönetimini kullanarak yüksek performanslarını azaltmaya veya gizlemeye çalışmaktadırlar. Negatif nakit akışına sahip veya yetersiz serbest nakit akışına sahip şirketlerde borç seviyesi artma eğiliminde olabilmektedir. Bazı şirketler yüksek serbest nakit akımı ile başka bir şirketi satın almak için çok fazla ödeme yapmak gibi değer katmayan gereksiz yatırımlar yapma eğiliminde de olabilirler. Bu nedenle, yüksek serbest nakit akımı, yöneticilerin hissedarların çıkarına en iyi şekilde hareket etmemesi durumunda israfa neden olabilir. Bu durum temsil maliyeti olarak adlandırılmaktadır (Ehrhardt ve Brigham, 2011:65).

Serbest nakit akışı, hissedarlar ve borçlular dâhil tüm yatırımcılara dağıtılabilecek nakit miktarıdır. Serbest nakit akışının beş ayrı kullanım yeri vardır:

- Borçlara faiz ödemesi,
- Borçların tamamının veya bir kısmının geri ödenmesi,
- Hissedarlara temettü ödemesi,
- Hissedarlardan hisse senetlerinin bir kısmının geri satın alınması,
- Kısa vadeli yatırımlar yapılması (Ehrhardt ve Brigham, 2011:64).

Bu beş kullanım yeri sonucunda serbest nakit akımı negatif olabilir. Burada serbest nakit akımının neden negatif olduğuna bakmak gerekir. Eğer vergi sonrası faaliyet karı negatif olmasından kaynaklanıyorsa, işletmenin faaliyeti ile ilgili bir problem olabilir. Bununla birlikte, birçok hızlı büyüyen şirket, büyümeyi desteklemek için işletme varlıklarına büyük yatırımlar yaptıkları için vergi sonrası faaliyet karı pozitif olduğu halde negatif serbest nakit akımına sahip olabilir. Bu durumda negatif serbest nakit akışı işletme için sorun olmayabilir.

Hisse senedinin değerlemesi ile yaklaşımdan birisi, iskonto edilmiş nakit akışlarına dayanan değerlendirme modellerine alternatif bir yaklaşım da serbest nakit akışına dayanan değerlendirme yaklaşımlarıdır. Bu kapsamda kullanılan yöntemler; firmaya yönelik nakit akımı ve özsermayeye (hissedarlara) yönelik nakit akımıdır (Karan, 2018: 379-380). Firmaya yönelik serbest nakit akımı ile özsermayeye (hissedarlara) yönelik serbest nakit akımı arasındaki temel fark; firmaya yönelik serbest nakit akımında faiz ve borç geri ödemelerinin etkisi yoktur, özsermayeye (hissedarlara) yönelik nakit akımında ise faiz ödemeleri ve borç geri ödemelerinin etkisi vardır.

Literatüre göre bir firmanın yarattığı serbest nakit akışlarının hesaplanabilmesi için çeşitli yöntemler sunulmaktadır. Bu yöntemler içerisinde anlaşılması en kolay olan Brigham ve Ehrhardt (2011) tarafından verilen 5 adımda serbest nakit akışını hesaplama yöntemidir. Bu yöntemde göre; birinci adımda firmanın faaliyet dönemine ilişkin vergiden sonra net faaliyet karı (NOPAT) hesaplanmaktadır. İkinci adımda net çalışma sermayesi (Net operating working capital) hesaplanmaktadır. Üçüncü adımda, hesaplanan net çalışma sermayesine uzun dönemli varlıklar eklenerek cari döneme ait toplam net çalışma sermayesi (Total net operating capital) belirlenmektedir. Dördüncü adımda cari döneme ait toplam net çalışma sermayesinden bir önceki döneme ait toplam net çalışma sermayesi çıkartılarak çalışma sermayesine yapılan net yatırım (Net investment in operating capital) bulunmaktadır. Beşinci ve son adımda, birinci adımda bulunan faaliyet dönemine ilişkin vergiden sonra net faaliyet karından, dördüncü adımda bulunan çalışma sermayesine yapılan net yatırım tutarı çıkartılarak faaliyet döneminde yaratılan serbest nakit akışı hesaplanmaktadır. (Brigham ve Ehrhardt, 2011: 60-64).

Yatırımcılar ve analistler, bir şirketin toplam parasal değerini hesaplamak için firma değeri metriğini kullanır. Bazı yatırımcılar bir şirketin değerini belirlemek için sadece bir firmanın piyasa değerine bakarken, diğer yatırımcılar firma değeri metriğinin bir şirketin gerçek değerini daha eksiksiz bir şekilde ortaya koyduğuna inanmaktadırlar. Bunun nedeni, firma değerinin, şirketin taşıdığı borç miktarını ve nakit rezervlerini de dikkate almasıdır (Titman, vd., 2011: 497).

İşletme değerini hesaplamak için, şirketin tedavüldeki hisse senedi sayısı ile hisse senedinin cari piyasa fiyatı ile çarpılır. Bulunan tutar kapitalizasyon değeridir. Bu tutara şirketin toplam uzun vadeli ve kısa vadeli borcunu eklenir daha sonra da şirketin nakit ve nakit benzerleri bu tutardan çıkartılır. Bulunan sonuç, bir şirketin tamamını satın almak için ne kadar paraya ihtiyaç duyulacağını gösterir. İşletme değeri, bir

şirketin başka bir şirketi satın almak için ödemesi gereken teorik devralma bedelidir. Nihai bir satın alma fiyatına etki edebilecek başka faktörler olsa da işletme değeri, bir şirketin değerini belirlemek için tek başına piyasa kapitalizasyon değerinden daha kapsamlı bir bilgi vermektedir (Bodie, vd., 2003: 576).

Firma veya işletme değeri bir şirketin toplam değerini ifade ederken, EBITDA bir şirketin genel finansal performansını ve karlılığını ölçmektedir. Girişim veya işletme çarpanı (EM) olarak da ifade edilen katsayı, bir şirketin değerini belirlemek için kullanılan bir orandır. EV'nin EBITDA bölünmesiyle oluşan işletme çarpanı, bir şirketin devralınmasında kapitalizasyon değeriyle birlikte borçlarının da dikkate alınmasını sağlar. EV/EBITDA oranı, borç dâhil bir şirketin değerini belirleyen bir değerlendirme aracı olarak kullanılan popüler bir ölçümdür. Aynı sektördeki şirketleri karşılaştırmak isteyen analistler ve yatırımcılar için kullanışlı bir metriktir. Genel olarak, 10'un altındaki EV/EBITDA değerleri sağlıklı bir değer olarak kabul edilir (Berk ve DeMarzo, 2020: 731).

Fiyat/kazanç (P/E) oranı, mevcut piyasa fiyatını hisse başına kazanç (EPS) ile karşılaştırarak bir şirketin gelecekteki büyüme potansiyelini gösteren popüler bir değerlendirme ölçütüdür. Fiyat/Kazanç oranı şirketlerin hisse senetlerinin ucuz veya pahalı olduğuna karar verilmesinde kullanılır. Genel olarak bir sektörde yer alan bir şirketin hisse başına kazancı ile o sektörün fiyat/kazanç oranından faydalanılarak, şirketin hisse senedinin ucuz veya pahalı olduğu belirlenir. Bir hisse senedini değerlendirmek için fiyat/kazanç oranını kullanmak, tahakkuk esasına göre şirketlerin kazanç bildirmesi nedeni ile sakıncalı olabilmektedir. Çünkü kazanç kısmının manipüle edilebilmesi ve aşırı iyimser yatırımcıların hisse senedi fiyatını artırarak şişirmesi yapay bir P/E oranına neden olabilmektedir. Yüksek bir fiyat/kazanç oranı yatırımcıların yüksek karpayı büyüme oranı beklediğine, hisse senedinin riskinin düşük olduğuna veya şirketten karın büyük bir kısmının dağıtılmasına rağmen ortalama bir karpayı büyüme oranı beklediğine işaret etmektedir (Brealey ve diğerleri, 1997: 479).

İşletme değeri/gelir (EV/R) çarpanı, bir şirketin gelirlerini işletme değeriyle karşılaştırmaya yardımcı olur. Bu oran ne kadar düşükse, bir şirketin değerinin gelirin göre düşük olduğu ve bu durumun yatırımcılar için olumlu bir sinyal olarak değerlendirilebileceği anlamına gelebilmektedir. İşletme değeri/gelir değerlendirme çarpanı, genellikle firma satın almaları sırasında kullanılır. İşletme değeri/gelir çarpanı, yatırımcılara hem şirketin özkaynaklarını hem de borcunu göz önünde bulundurarak bir şirketin satışlarına göre nasıl değer vereceklerine dair ölçülebilir bir metrik sağlamaktadır. Ayrıca işletme değeri/gelir metriği bir şirketin satışları açısından, satın alınmasının ne kadar mal olacağını ölçen bir mali orandır. Daha düşük bir işletme değeri/gelir çarpanı, bir şirketin nispeten daha az maliyetli olabileceğinden daha çekici bir yatırım olduğunu gösterir. İşletme değeri/gelir metriği genellikle 1 ile 3 değeri arasında bulunur. Genel olarak, daha düşük bir işletme değeri/gelir çarpanı, bir şirketin pazarda daha çekici olabileceğini veya daha az değerli olabileceğini göstermektedir. Şirketin nakit bakiyesinin piyasa değeri, borç tutarından daha büyük olduğunda işletme değeri/gelir ölçüsü negatif olabilir ve bu da şirketin esasen kendi nakdi ile satın alınabileceğine işaret etmektedir. Bununla birlikte, işletme değeri/gelir metriği bazen yanıltıcı olabilir; çünkü daha yüksek bir çarpan her zaman bir aşırı değerlendirme sinyali olmayabilir. Yüksek bir işletme değeri/gelir oranı, yatırımcıların gelecekteki satışların büyük ölçüde artacağına inandıklarının olumlu bir işareti olabilir. Daha düşük bir işletme değeri/gelir oranı ise, benzer şekilde gelecekteki satış beklentilerinin pek de çekici olmadığına işaret edebilir. Bu metrikten en iyi şekilde yararlanmak için, şirketin işletme değeri/gelir değerini aynı sektördeki diğer şirketlerin değerleriyle karşılaştırılması uygun olacaktır (Berk ve DeMarzo, 2020: 731).

3. LİTERATÜR TARAMASI

Ghodrati ve Hashemi (2014), İran borsasında 2008-2012 dönemindeki işlem gören rasgele seçtiği 65 şirket üzerinde yaptığı araştırmada, serbest nakit akışı ile incelenen örneklemdeki firmaların firma değeri arasındaki ilişkiyi incelemiştir; serbest nakit akışları ile firma değeri arasında görece güçlü bir doğrusal ilişki bulunduğunu, şirket değeri arttıkça serbest nakit akışının da artacağı belirlenmiştir (Ghodrati ve Hashemi, 2014).

Javadi ve Hashemi (2015)'nin araştırmasının sonuçları, firmaların serbest nakit akışları ile gerçek değerleri arasında doğrudan ve anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Yazarlara göre, firmaların gerçek değeri, piyasada öngörülen değerlerinden fazladır ve firmaların serbest nakit akışına dayalı tahmini değeri, piyasa değerlerinden yüksektir.

Yudianti (2008), 150 örnek şirketin katıldığı bir çalışmada, serbest nakit akışları ile hissedar değeri arasındaki ilişkiye etkisini incelemektedir. Araştırma sonuçları, %95 güvenle, serbest nakit akışlarındaki değişikliklerin hissedarların servetindeki değişikliklerle ilişkili olduğunu göstermektedir (Yudianti, 2008).

Abadi ve diğerleri (2014) Tahran Menkul Kıymetler Borsası'nda işlem gören şirketlerin performansı üzerindeki serbest nakit akışları ve temsil maliyetlerinin etkilerini incelemiştir. Araştırma hipotezlerinin istatistiksel analiz sonuçlarına göre, serbest nakit akışları ile varlık devir hızı oranı arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Platt ve diğerleri (2010) yaptıkları çalışmada, firmanın değerinin gelecekteki nakit akışlarının bugünkü değeriyle ilişkili olduğunu ancak bununla eşit olmadığını göstermişlerdir.

Wang (2010) yaptığı çalışmada, serbest nakit akışının temsil maliyetleri ve firma değerini nasıl etkilediğini araştırmış, temsil maliyetinin firma performansı ve hisse senedi getirisi üzerinde önemli ölçüde olumsuz bir etkisi olduğunu; serbest nakit akışı ile firma değeri, arasında önemli ölçüde pozitif bir ilişki bulunduğunu tespit etmiştir (Wang, 2010).

Jensen (1986), serbest nakit akışları teorisini açıklayan ve tanımlayan ilk kişilerden biridir. Jensen (1986)'in görüşüne göre, nakit yaratan bir firmanın nakit akışları, sermaye maliyeti şeklinde bir iskonto oranına bağlı olarak pozitif net bugünkü değeri olan tüm projeler için gerekli olan nakit fazlalıklarıdır. Serbest nakit akışı, şirketin ihtiyaçlarına göre yaptığı harcamalar sonrası şirketlerin performansını ve nakit akışlarını ölçmek için bir kriterdir. Serbest nakit akışı, şirketin hissedar değerini artırması ve fırsatları keşfetmesine olanak sağlaması açısından önemlidir.

Demirci (2017) yaptığı çalışmada, serbest nakit akışlarının düşük büyüme fırsatlarına sahip şirketlerde şirketin değerini azaltacağını savunan serbest nakit akış teorisini desteklediğini, buna göre BIST 100 endeksindeki mali sektör dışı şirketlerde kârlı yatırım alternatifleri bulunmadığında, serbest nakit akışlarındaki artışların yöneticilerin etki alanlarını genişletmek adına negatif getirili projelere yönelmelerine ya da değer yaratmayan harcamalar yapmalarına neden olduğunu ve sonuçta ilgili şirketlerin değerleri düşürdüğünü belirlemiştir.

Lyons (2015), değerlendirme çarpanları olarak bilinen P/E, EV/EBITDA, EV /R metriklerini kullanarak diğer firma bilgileriyle birlikte, finansal analiz geliştirilebileceğini ve bunun firma ve sektör dinamiklerinin anlaşılmasını kolaylaştırabileceğini belirtmiştir.

Temür (2022) yaptığı çalışmada Borsa İstanbul Turizm Endeksi'nde (XTRZM) işlem gören firmaların finansal performanslarını çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile analiz etmiş, yaptığı analiz sonucunda finansal performans açısından en başarılı firmayı belirlemiştir. Çalışmada, araştırılan firmaların Covid-19 pandemisinden olumsuz yönde etkilenmesine rağmen en yüksek hisse getirilerinin bu dönemde elde ettiklerini belirlemiştir.

Yiğit ve Esen (2022) yaptıkları çalışmada kamu hastanelerinin performans değerlendirmesini yapmışlar, Veri Zarflama Analizi (VZA), Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Pabon Lasso Modelini (PLM) kullanılmışlardır. VZA modeline göre hastanelerin %34'ü teknik düzeyde verimli olduğunu, girdi ve çıktıların ağırlıkları dikkate alınarak yapılan VZA'ya göre hastanelerin %12,8'inin teknik düzeyde verimli olduğunu tespit etmişlerdir. PLM'ye göre ise hastanelerin %31,9'unun en verimli bölgede bulduklarını belirlemiştir.

Ekim ve diğerleri (2019) yaptıkları çalışmada, bankacılık sektöründe entelektüel sermayenin değer yaratmadaki rolünü incelemişler, Türkiye'de faaliyet gösteren 21 ticari bankanın 2006-2015 yılları arasında entelektüel sermaye performansı, Katma Değer (VA) ve Entelektüel Katma Değer Katsayısı (VAICTM) Modeli ile ölçülmüş ve entelektüel sermaye performansı ve performans bileşenlerinin finansal performansa katkısı Panel Veri Analizi Yöntemi kullanılarak incelenmişlerdir. Araştırmalarının sonucunda bankacılık sektöründe entelektüel sermaye etkinliğinin bankaların finansal performansını olumlu etkileyerek katkıda bulunduğunu, sırasıyla fiziksel ve finansal sermayenin ve insan sermayesinin finansal performans için en etkili değer etkenleri olduğunu ve yapısal sermayenin daha az önem taşıdığını ortaya koymuşlardır.

Yukarıda belirtilen literatür incelemesindeki çalışmalarda serbest nakit akışı, firma değeri, arasındaki ilişkiler farklı ülkeler ve dönemler için incelenmiş, genel olarak serbest nakit akışı ile firma değeri arasında aynı yönlü ilişki bulunmuş, serbest nakit akışı arttıkça firma değeri ve hisse senetlerinin değerinin artacağı belirtilmiş, ancak serbest nakit akışının artmasının temsil maliyetlerini artırabileceği belirtilmiştir. Yapılan çalışmada serbest nakit akışı bağımlı, firma değeri, firma değeri/faiz, amortisman ve vergi öncesi kar, fiyat/kazanç oranları bağımsız değişkenler olarak belirlenmiş ve bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler panel veri analizi ile belirlenmiştir. Çalışma; uygulanan yöntem ve incelenen örneklem ve dönemler açısından literatürde yer alan çalışmalardan doğan boşluğu doldurmaktadır.

4. YÖNTEM

Çalışmada BİST 30 şirketlerin 2015-2021 yılları arasındaki FCF, EV, P/E, EV/EBITDA yıllık değerleri panel veri analiz yöntemi ile incelenmiştir. Çalışmada kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler MarketScreener (2022) yıllık dönemsonu verilerinden sağlanmıştır. Çalışmanın bağımlı değişkeni şirketlerin FCF; bağımsız değişkenleri ise sırası ile EV, P/E oranı ve EV/EBITDA oranı olarak belirlenmiştir. Genel olarak panel veri analiz yönteminde kullanılan model Eşitlik 1'de verilmiştir.

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it,2} + \dots + \beta_k x_{it,k} + \mu_{it} \quad i = 1 \dots, N; t = 1 \dots, T; k = 1 \dots, K \quad (1)$$

Panel veri analizi t zamanlı ve k değişkenden oluşan bir veri setini, n tane yatay kesit (ülke, firma, hanehalkı) için oluşturabilme imkânı sağlamaktadır. Böylece birim ve zaman etkilerini birlikte görebilmeyi sağlamaktadır. Sadece zaman serisi ya da yatay kesit verileriyle çalışmanın yetersiz kaldığı durumlarda panel veri tekniği her iki tür ile birlikte çalışmaya imkân vermektedir. Panel veri analizi yöntemi; bireyler, bölgeler ya da ülkeler gibi seçilmiş örneklemelerin belirlenmiş bir zaman diliminde gözlemlenmesi şeklindedir (Baltagi, 2005:169).

Çalışma kapsamında izlenen yöntem gereğince öncelikle değişkenler arasındaki korelasyona bakılmıştır. Korelasyon analizinden sonra yatay kesit bağımlılığının varlığı test edilmiştir. Yatay kesit test sonuçlarına göre uygun olan birim kök testleri tercih edilerek serilerin birim kök içerip içermediği kontrol edilmiştir. Elde edilen birim kök test sonuçları doğrultusunda uygun tahminci belirlenmiş, sonuçlar elde edilmiş ve yorumlanmıştır.

Tahmin edilen panel veri modelinde heteroskedasite, otokorelasyon veya birimler arası korelasyondan en az birinin olması durumunda standart hatalar düzeltilmeli veya uygun yöntemlerle tahmin yapılmalıdır (Tatoğlu, 2012:36). Driscoll ve Kraay Tahmincisi otokorelasyona, değişen varyansa ve birimler arası korelasyona dirençli bir tahmincidir. Bu nedenle çalışma kapsamında tahminci olarak Driscoll ve Kraay dirençli tahmincisi kullanılmıştır.

Zaman boyutunun büyük olduğu düşünüldüğünde, Driscoll ve Kraay standart parametrik olmayan zaman serisi kovaryans matris tahmincilerinin uzamsal ve dönemsel korelasyonunun tüm genel formları için dirençli olabilecek şekilde geliştirilebildiğini göstermiştir. Bu şekilde düzeltilmiş standart hata tahminleri, yatay kesit boyutu N 'den bağımsız olarak ($N \rightarrow \infty$) kovaryans matris tahmincilerinin tutarlılığını garantilemektedir (Hoeckl, 2007).

5. BULGULAR

Çalışmada kullanılan değişkenlerin için tanımlayıcı istatistikler (toplam gözlem sayısı, ortalama, standart sapma, maksimum ve minimum değerler) Tablo 1'de verilmiştir. Çalışmada FCF modelde bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Açıklayıcı değişken olarak belirlenen EV, P/E ve EV/EBITDA logaritmaları alınarak modele eklenmiştir. Ayrıca Covid-19 sürecinin etkisini gözlemleyebilmek için kukla değişken kullanılmıştır.

Tablo 1. Tanımlayıcı istatistikler

Kullanılan Değişkenler	Gözlem	Ortalama	Standart		
			Sapma	Minimum	Maksimum
FCF (Bağımlı Değişken)	210	3249,451	7540,185	-4840	59690
lnEV	210	2,853909	1,29496	-1,007858	5.318855
lnP/E	210	1,766113	1,681139	-6,907755	4.697476
lnEV/EBITDA	210	7,817143	12,11679	0,01	138,19
Kukla değişken (Covid 19)	210	0,1428571	0,3507633	0,00	1,00

Değişkenler arasındaki korelasyon katsayısı çalışma kapsamında analiz edilen bir diğer testtir. Panel veri analizinde modelde kullanılan bağımsız değişkenlerin aralarındaki korelasyon katsayısının yüksek olması, çoklu doğrusallık sorununa neden olabilmektedir. Bu nedenle analiz yapılmadan önce değişkenler arasındaki korelasyona bakılması gerekir korelasyon test sonuçları aşağıda Tablo 2'de verilmiştir. Bu nedenle ilk olarak değişkenler arasındaki korelasyona bakılmış ve çoklu doğrusallık sorunu olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca bağımlı değişken FCF ile EV arasında orta derecede pozitif, P/E ve EV/EBITDA arasında ters yönlü zayıf korelasyon belirlenmiştir.

Tablo 2. Korelasyon sonuçları

	FCF	lnEV	ln P/E	EV/EBITDA	dummy
FCF	1.0000				
lnEV	0.4708	1.0000			
lnP/E	-0.0193	0.1201	1.0000		
EV/EBITDA	-0.1848	-0.0779	-0.2232	1.0000	
dummy	0.0520	0.1504	-0.0641	0.2513	1.0000

Yatay kesit bağımlılığı literatürde "birimler arası korelasyon" veya "uzamsal korelasyon" şeklinde de kullanılmaktadır. Panel verilerde yatay kesit bağımlılığının ihmal edilmesi tahmincilerin etkinliğinde ve sonuçların güvenilirliğinde belirsizliklere neden olabilir (Phillips ve Sul 2003). Bu çalışma kapsamında Pesaran (2004) tarafından zaman ve kesit büyüklüğü bakımından her iki durumda da geçerli ($T > N$ veya

$T < N$) olan ve sıfır ortalamaya sahip sonuçlar veren Pesaran CD testi kullanılmıştır (Pesaran, 2004). İlgili testin matematiksel denklemi Eşitlik 2’de ve sonuçları Tablo 3’te verilmiştir.

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N+1} \sum_{j=i+1}^N \theta_{ij} \right) \quad (2)$$

Tablo 3. Yatay kesit bağımlılığı test sonucu

Test	İstatistik Olasılık	Olasılık
Pesaran (2004) CD#	8.697	0,000***
Gözlem Sayısı (210)	T (7)	N (30)

: Çift taraflı test

Not: *, **, *** işaretleri test istatistiklerinin sırasıyla %90, %95 ve %99 seviyesinde anlamlı olduğunu göstermektedir

Bu aşamada yatay kesir bağımlılığının olup olmadığının belirlenmesi için Pesaran (2004) CD testinin H_0 ve H_1 hipotezleri oluşturulmuştur. Bu hipotezler aşağıda verilmektedir:

H_0 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H_1 : Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Yukarıdaki Pesaran (2004) test istatistiğinin olasılık değerine bakıldığında H_0 hipotezi reddedilmekte, birimler arasında yatay kesit bağımlılığı olduğu görülmektedir. Bu durumda yatay kesit bağımlılığını dikkate alan birim kök testleri ve tahminçiler kullanılması gerekmektedir.

Bir serinin zaman içerisinde ortalaması, varyansı ve otokovaryansı sabit ise durağan seriler olarak ifade edilmektedir (Tatoğlu, 2017: 169-172). Durağan olmayan seriler ortak bir trende sahip olabilir. Bu durumda seriler arasında anlamlı bir ilişki olmasa da trend nedeniyle R^2 değerleri yüksek çıkmaktadır. Bunun durum değişkenler arasındaki ortak eğilimden kaynaklanmaktadır.

Panel veri analizinde değişkenlerin durağanlığını görmek üzere geliştirilen birçok birim kök testi bulunmaktadır. Bir önceki başlıkta da ifade edildiği gibi hangi testlerin seçileceği yatay kesit bağımlılığı test sonuçlarına bağlıdır. Yatay kesit bağımlılığını test sonuçları göz önünde bulundurulduğunda ikinci nesil birim kök testlerinin yapılması gerekmektedir.

Modelde birinci nesil birim kök testleri olarak bilinen testlerin çeşitli dönüşümleri yapılarak yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ve ikinci nesil birim kök testi olarak kullanılan birim kök testleri uygulanmıştır (Tatoğlu, 2017: 169-172). Modelde kullanılan testler Levin – Lin - Chu (LLC,2002), Lm, Pesaran – Shin (2003) ve Breitung (2001: 165) birim kök testleridir. Testlerden elde edilen sonuçlar Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Birim kök test sonuçları

	Levin Lin – chu		Lm, Pesaran ve Shin Birim		Brreitung (Direnċli)	
	İstatistik D.	Olasılık D.i	İstatistik D.	Olasılık D.	İstatistik D.	Olasılık D.
FCF	-12,3088	0,0000***	-20,7192	0,0000***	0,1634	0,0000***
lnEV	-28,0971	0,0000***	-4,9389	0,0000***	0,0415	0,0637*
lnP/E	-2,3	0,0000***	-39,5123	0,0000***	-0,2353	0,0000***
lnEV/EBITDA	-1,1	0,0000***	-66,1037	0,0000***	-0,2137	0,0000***

Not:*, **, *** işaretleri test istatistiklerinin sırasıyla %90, %95 ve %99 seviyesinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Uygulanan testlerde H_0 hipotezi “seriler birim kök içermektedir” şeklinde kurulmuştur. Elde edilen sonuçlara bakıldığında başvurulan üç test sonucu da tüm değişkenler için H_0 hipotezini reddedilerek değişkenlerin $I(0)$ olduğunu yani seviyede durağan olduğunu göstermektedir. Bu durumda değişkenlerin farkı alınmadan analiz yapılabilir.

Bu bölüme kadar yapılan test sonuçlarına baktığımızda seriler arasında yatay kesit olduğu ve serilerin birim kök içermediği anlaşılmıştır. Elde edilen bu sonuçlardan sonra panelde hangi modelin kullanılacağına belirlenmesi gerekmektedir. Panel veri analizi içerisinde sabit etkiler modeli ve rassal etkiler modeli yaygın olarak kullanılan iki modeldir. Bu iki modelden hangisi daha etkin sonuçlar veriyorsa o model tercih edilmelidir. Bu nedenle her iki model sonuçları tutarlıdır fakat etkinlikleri farklıdır. Sabit etkiler modeli ile rassal etkiler modeli arasında seçim yapmak için Hausmann testinden yararlanılmıştır (Baltagi, 2005: 169). Hausmann testinde H_0 hipotezi “Rassal etkiler modeli uygundur” şeklinde kurulmuştur (Ahn ve Low, 1996). Çalışma kapsamında hangi modelin uygulanacağı Tablo 5’teki sonuca göre belirlenmiştir.

Hausman testinin H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki gibidir.

H₀: Rassal etkiler modeli uygundur.

H₁: Sabit etkiler modeli uygundur.

Tablo 5. Haussman testi sonucu

	<i>İstatistik</i>	<i>p değeri</i>
Hausman Testi	2,94	0,5682

Not: *, **, *** işaretleri test istatistiklerinin sırasıyla %90, %95 ve %99 seviyesinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 5'e göre *p* değerinin anlamlı çıkmamış ve böylece "rassal etkiler moedeli uygundur" şeklinde kurulan H₀ hipotezi reddedilmemiştir. Sonuç olarak rassal etkiler modeli daha etkindir ve bu nedenle rassal etkiler modeli kullanılacaktır.

Yapılan tüm test sonuçlarının ışığında modelde kullanılacak tahminci için değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı durumlarında dirençli standart hatalarla etkin ve tutarlı tahminler yapan Driscoll-Kraay (1998) tahmincisi ile belirlenmiştir (Tatoğlu, 2013). Driscoll-Kraay kovaryans matris tahmincisi aşağıdaki eşitlikte $\hat{\Omega}$ matrisi ile ifade edilmektedir (Hoechle, 2007).

$$\hat{\Omega}_j = \sum_{t=j+1}^T h_t(\hat{\theta})h_{t-j}(\hat{\theta}) \quad \text{ve} \quad h_t(\hat{\theta}) = \sum_{i=1}^{N(t)} h_{it}(\hat{\theta}) \quad (3)$$

$$h_t(\hat{\theta}) = x_{it}\hat{\varepsilon}_{it} = x_{it}(y_{it} - x_{it}\hat{\theta}) \quad (4)$$

Driscoll ve Kraay (1998), yapmış oldukları çalışmada değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı ile tutarlı standart hatalar üreten parametrik olmayan bir kovaryans matris tahmincisi önermiştir. Yapılan tanısal testler sonucunda Discoll- Kraay tahmincisi ile elde edilen bulgular Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Driscoll-Kraay dirençli tahminci sonuçları

	<i>Katsayı</i>	<i>Drisc/Kraay Standart</i>	<i>t-istatistiği</i>	<i>Olasılık Değeri</i>
lnEV	0,216368	0,1022752	2,12	0,079*
lnP/E	0,1070692	0,0386194	2,77	0,032**
EV/EBITDA	-0,288905	0,0581669	-4,97	0,003***
Dummy	0,6564339	0,1164518	5,64	0,001***
Sabit T	1,901341	0,2842165	6,69	0,001***
R ²	0.255			
Şirket	30			
Gözlem	210			

Not: *, **, *** işaretleri test istatistiklerinin sırasıyla yüzde 90, yüzde 95 ve yüzde 99 seviyesinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 6'da elde edilen bulgulara göre; FCF ile EV arasında % 90 anlamlılık düzeyinde pozitif, FCF ile PE arasında % 95 anlamlılık düzeyinde pozitif ve FCF ile EV/EBITDA arasında % 99 anlamlılık düzeyinde negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Seriler logartimalleri alınarak analize dahil edilmiştir. Bu nedenler katsayılar arasında değişimler yüzdelik olarak ifade edilmektedir. Elde edilen sonuçların katsayılarına göre; EV değerininin %1 artması bağımlı değişken olan FCF değerini %0,2 pozitif, aynı yönde etkilemektedir. P/E değerininin %1 artması FCF'yi %0,1 pozitif etkilemektedir. EV/EBITDA ile FCF arasında ters yönlü bir ilişki görülmektedir. Buna göre, EV/EBITDA değerininin %1 artması FCF değerini %0,28 negatif (ters) yönde etkilemektedir.

BIST-30 endeksi kapsamındaki şirketler için değer maksimizasyonunu esas alan şirket performans ölçüm göstergeleri ve bu göstergeler arasındaki ilişkileri belirleyerek değerlendirme yapmak olarak belirlenen çalışmanın amacına, analiz sonunda elde edilen bulgularla ulaşıldığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre seçilen bağımlı değişken FCF ile EV ve P/E oranı arasında aynı yönlü ve EV/EBITDA arasında ters yönlü bir ilişki olduğu; bu açıdan elde edilen bulguların, literatürde yer alan Ghodrati ve Hashemi (2014), Jensen (1986), Wang (2010)'nun çalışmaları ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Çalışmada bir şirketin değerini maksimize etme amacına yönelik önemli finansal göstergelerinden; FCF, EV, EV/ EBITDA, EV/R, P/E aralarındaki ilişkiler, BIST-30 şirketleri örnekleminde incelenmiştir. Bir firmanın değeri muhasebe karı olan net kardan ziyade faaliyetlerinin gerçek değeri olan, faaliyetlerinin şimdi ve gelecekte oluşturacağı nakit akışıyla belirlenir. Diğer bir ifadeyle faaliyetlerinin değeri, vergi sonrası işletme karından işletme sermayesine yeni yatırım tutarının çıkartılması olarak tanımlanan gelecekteki

beklenen tüm FCF'lara bağlıdır. Bu nedenle yöneticilerin firmalarını daha değerli kılmalarının yolu, şimdi ve gelecekteki serbest nakit akışını artırmaktan geçmektedir.

Serbest nakit akışının artırılması çabasının yanında bazı durumlarda serbest nakit akışı negatif de olabilmektedir. Genel olarak serbest nakit akışının negatif olması faaliyetlerin düşük verimliliğine işaret etmekle birlikte, hızlı büyüyen firmalar büyümelerini destekleyebilmek amacıyla varlıklara büyük yatırımlar yapmaları nedeniyle negatif serbest nakit akışına sahip olabilirler. Bu noktada firmalarının vergi sonrası faaliyet karının pozitif ve yatırılan sermayenin getiri oranının ağırlıklı ortalama sermaye maliyetinden büyük olup olmadığına, başka bir ifade ile ekonomik katma değer yaratıp yaratmadığına bakmak gerekmektedir.

Çalışmada yapılan analizler sonucunda BIST 30 şirketlerinde, özellikle incelenen FCF ile EV ve P/E aralarında aynı yönlü ilişki, FCF ile EV/EBITDA arasında ters yönlü ilişki olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular ile literatürde yer alan Ghodrati ve Hashemi (2014), Jensen (1986), Wang (2010)'nun çalışmaları ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Firma performansının geleneksel finansal oranlar ve analizler ile değerlendirilmesinden ziyade çalışmada ele alınan ve daha gerçekçi olduğu değerlendirilen parametrelerle değerlendirilmesi daha sağlıklı sonuçlar verebilecektir. Bu noktadan hareketle firmalarda belirtilen bu parametrelerin hesaplanarak aralarındaki ilişkilerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Yapılan bu çalışmanın ve ulaşılan sonuçların incelen dönem ve örneklem açısından literatüre katkısının olabileceği değerlendirilmektedir.

Uygulamada firma finans yöneticilerinin FCF, EV, EV/EBITDA kavram ve parametrelere hâkim olmaları ve bunları kendi firmaları için hesaplamaları ve çıkan sonuca göre gereken tedbirleri almaları ve stratejik planlamalarını bu finansal parametreler üzerine kurması, firmanın piyasa değerini ve hisse senetlerinin değerini artıracaktır.

Çalışmada kullanılan veri seti ve incelenen dönem çalışmanın kısıtlarını oluşturmaktadır. Bu konuda çalışma yapacak araştırmacıların farklı veri seti ve dönemlerde çalışma yapmaları önerilmektedir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Yaşar Köse: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı- orijinal taslak *Emre Yılmaz:* Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

Yaşar Köse: Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft *Emre Yılmaz:* Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Abadi, D.R.H., Eghbali, A.R. ve Abadi, S.H. (2014). "The Effects of Product Market Competition on Capital Structure in firms listed in Tehran Stock Exchange, Iran", *Research Journal of Recent Sciences*, 3(4), 7-13.
- Ahn, S.C ve Low, S. (1996). "A Reformulation of the Hausman Test for Regression Models with Pooled Cross-Section-Time-Series Data", *Journal of Econometrics*, 71(1-2), 309-319.
- Baltagi, B.H. (2005). "Econometric Analysis of Panel Data" 3rd Ed., John Wiley & Sons Ltd., West Sussex.
- Berk, J. ve DeMarzo, P. (2020). "Corporate Finance", 5th. Ed., Pearson Education Limited, Global Edition.
- Bodie, Z., Kane, A. ve Marcus, A.J. (2004). "Essentials of Investments", 5th Ed. McGraw-Hill, New York.
- Brealey, R.A., Myers, S.C., ve Marcus, A.J. (1997). "Principles of Corporate Finance", 5th Ed., McGraw-Hill, New York.
- Breitung, J. (2001), "The Local Power of Some Unit Root Tests for Panel Data", *Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels (Advances in Econometrics, Vol. 15)*, Editörler: Baltagi, B.H., Fomby, T.B. ve Carter Hill, R., Emerald Group Publishing Limited, Bingley.
- Demirci, N.S. (2017). "Serbest Nakit Akışlarının Şirket Değerine Etkisi: Serbest Nakit Akış Teorisi Bağlamında BIST 100 Endeksi Üzerine Dinamik Panel Veri Analizi", *Journal of Business Turk*, 9(2), 283-299.
- Driscoll, J.C. ve Kraay, A.C. (1998). "Consistent Covariance Matrix Estimation With Spatially Dependent Panel Data", *Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549-560.
- Ehrhardt, M.C. ve Brigham, E.F. (2011). "Financial Management: Theory and Practice", 13th Ed., Cengage Learning, South-Western.
- Ekim, N., Acar, M.ve Uçan, O. (2019). "Entelektüel Sermayenin Finans Sektöründe Değer Yaratmadaki Rolü: Türk Bankacılık Sektöründe Bir Araştırma", *Verimlilik Dergisi*, 4, 37-63.
- Erasmus, P.D. (2008). "Value Based Financial Performance Measures: An Evaluation of Relative and Incremental Information Content", <http://virtusinterpress.org/IMG/pdf/10-22495cocv6i1p7.pdf>, (Erişim Tarihi: 01.12.2022).
- Ercan, M.K. ve Ban, Ü. (2018). "Değere Dayalı İşletme Finansı: Finansal Yönetim", 10. Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Esen, H. ve Yiğit, V. (2022). "Kamu Hastanelerinde Performans Değerlendirmesi: Veri Zarflama Analitik Hiyerarşi Prosesi (VZAHP) Ve Pabon Lasso Modeli (PLM) Uygulaması", *Verimlilik Dergisi*, 2, 231-250.
- Ghodrati, H. ve Hashemi, A. (2014). "A Study On Relationship Among Free Cash Flow, Firm Value and Investors Cautiousness: Evidence From Tehran Stock Exchange", *Management Science Letters*, 4, 2001-2010.
- Hoechle, D. (2007). "Robust Standard Errors For Panel Regressions With Cross-Sectional Dependence", *The Stata Journal*, 10(2), 1-31.
- Javadi, N. ve Hashemi A. (2014). "Assessing the Relationship Between Free Cash Flows, the Real Value of the Company and the Investor Conservatism in Iranian Stock Companies", *Official Accounting*, 80-86.
- Jensen, M. (1986). "Agency Costs of Free Cash Flow, Corporate Finance and Takeovers", *American Economic Review*, 76(2), 323-329.
- Karan, M.B. (2018). "Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi", 5.Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Levin, A., Lin C.F., ve Chu C.S.J., (2002). "Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties" *Journal of Econometrics*, 108, 1-24
- Lm K., Pesaran M.H. ve Shin Y., (2003) "Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels", *Journal of Econometrics*, 115, 53-74
- Lyons, B. (2015). "Valuation Multiples: A Tool for Fundamental & Firm Analysis", *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 15(2), 19-28.
- MarketScreener (2022). "BIST 30 Endeks Verileri", <https://www.marketscreener.com/quote/stock/financials.>, (Erişim Tarihi: 15.05.2022)
- Pesaran, H. (2004). "General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels", *Cambridge Working Papers in Economics*, 60, 13-50.
- Phillips, P. ve Sul, D. (2003). "Dynamic Panel Estimation and Homogeneity Testing under Cross Section Dependence", *The Econometrics Journal*, 6(1), 217-259.
- Platt, H., Demirkan, S. ve Platt, M. (2010). "Free Cash Flow, Enterprise Value, and Investor Caution", *The Journal of Private Equity*, 3(4), 42-50.
- Tatoğlu, F.Y. (2012), Panel Veri Ekonometrisi, Beta Yayıncılık, İstanbul.
- Tatoğlu, F.Y. (2013). "Panel Veri Ekonometrisi. İstanbul", Beta Yayıncılık, İstanbul.
- Tatoğlu, F.Y. (2017). "Panel Zaman Serileri Analizi", Beta Yayıncılık, İstanbul.

-
- Temür, A.S. (2022). "Borsa İstanbul Turizm Endeksi (XTRZM) Firmalarının Entropi Temelli ARAS, COPRAS ve TOPSIS Yöntemleri ile Finansal Performans Analizi", *Verimlilik Dergisi*, 2, 183-212.
- Titman, S., Keown A.J. ve Martin, J.D. (2011). "Financial Management Principles and Applications", 11th Ed., Pearson, Londra.
- Wang, G.Y. (2010). "The Impacts of Free Cash Flows and Agency Costs on Firm Performance", *Journal of Service Science & Management*, 3, 408-418.
- Yudianti, N. (2008). "The Effect of Investment Opportunity Set and Earnings Management to the Relationship Between Free Cash Flow and Shareholder Value", *Journal of Business Research*, 193-228.

Sağlık Kurumlarında Yalın Yönetim: Bursa İlinde Bir Uygulama Örneği*

Buse FİDAN TÜRKÖN¹, Aynur TORAMAN²

ÖZET

Amaç: Çalışmanın amacı, yalın yönetime yeni adım atacak kurumlara rehber niteliğinde ve halihazırda yalın yönetim uygulayanlar içinse karşılaştırma unsuru olabilecek örnek bir çalışma sunmaktır.

Yöntem: Bu çalışmada daha önce yalın yönetim uygulanmamış olan bir özel hastanenin kadın hastalıkları ve doğum polikliniğindeki hizmet süreçleri, yalın yönetim bakış açısı ile gözlemlenmiştir. Değer akış haritalama tekniği ve spagetti diyagramları ile gerçekleştirilen mevcut durum analizi sonucunda israfların iyileştirilebilmesi için çözüm önerileri sunulurken ulaşılmaması planlanan tasarım, gelecek durum haritasında belirtilmiş ve kazanım öngörülleri hesaplanmıştır.

Bulgular: Sonuç olarak kâğıt tüketim maliyetlerinde %77,64; HBYS kaynaklı kesintilerde, tetkik kayıt ve barkod alma süreçlerinde %100; muayene kayıt ve tetkik sonuç bekleme sürelerinde %50; ultrason sekreterliğinde değer katmayan işlem süresinde %11,66 oranında iyileşme sağlanmıştır. Ayrıca hastaların işlem adımlarında %29,03; hastanede geçirilen toplam sürede %17,39; hizmetin değer katma oranında %4,23, değer katmayan oranında ise %6,23 kazanım elde edilmiştir.

Özgünlük: Bu çalışma, yalın yönetim uygulamalarına poliklinik bazında bir yenisini ekleyerek literatürdeki eksikliğe katkı sunacaktır. Gözlemlenen sağlık hizmeti süreçlerindeki akışı ve hastanın kurum içerisindeki hareketlerini farklı açılardan ele alması ve görsel aktarım yönünden güçlü olması da çalışmanın özgünlük değerini artırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Değer Akış Haritalama, Kaizen, Yalın Hastane, Yalın Sağlık Yönetimi, Yalın Uygulama.

JEL Kodları: M11, I10, I19.

Lean Management in Health Institutions: An Implementation Example in Bursa Province

ABSTRACT

Purpose: The aim of the study is to present a sample study that can serve as a guide for organizations that will just start lean management and as a comparison element for those who are currently implementing lean management.

Methodology: In this study, the service processes in the obstetrics and gynecology outpatient clinic of a private hospital that has not applied lean management before were observed with a lean management perspective. As a result of the current situation analysis carried out with the value stream mapping technique and spaghetti diagrams, solution suggestions were presented to improve the waste, and the planned design was specified in the future state map and the gain predictions were calculated.

Findings: As a result, 77.64% in paper consumption costs; 100% in HIMS-related outages, test registration and barcode receiving processes; 50% in inspection registration and test result waiting times; In the ultrasound secretariat, an improvement of 11.66% was achieved in the process time that doesn't add value. In addition at the rate of 29.03% in the process steps of the patients; 17.39% of the total time spent in the hospital; 4.23% improvement was achieved in the value-added rate of the service and 6.23% in the non-value-added rate.

Originality: This study will contribute to the deficiency in the literature by adding a new one to the lean management practices on the basis of outpatient clinics. The fact that it deals with the flow of processes and the movements of the patient in the institution from different angles and is strong in terms of visual transmission also increases the originality value of the study.

Keywords: Value Stream Mapping, Kaizen, Lean Hospital, Lean Health Management, Lean Implementation.

JEL Codes: M11, I10, I19.

* Bu çalışma, Buse FİDAN TÜRKÖN tarafından Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü'nde Dr. Öğr. Üyesi Aynur TORAMAN danışmanlığında yürütülen "Sağlık Kurumlarında Yalın Yönetim: Bursa İlinde Bir Uygulama Örneği" başlıklı Yüksek Lisans Tezi'nden türetilmiştir.

¹ Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, İstanbul, Türkiye, buse.turkon@iuc.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6978-6377 (*Sorumlu Yazar-Corresponding Author*).

² Dr. Öğr. Üyesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, Isparta, Türkiye, atoraman@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-6180-4713.

DOI: 10.51551/verimlilik.1120145

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 23.05.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 29.11.2022

Atf: Fidan Türkön, B. ve Toraman, A. (2023). "Sağlık Kurumlarında Yalın Yönetim: Bursa İlinde Bir Uygulama Örneği", *Verimlilik Dergisi*, 57(1), 211-238.

EXTENDED ABSTRACT

Lean management ensures that waste is eliminated by demystifying business processes from activities that do not add value to products or services. Lean management, which emerged in the automotive industry, has become widespread in sectoral and globally in terms of its flexibility and responsiveness to various needs. Lean management promises big improvements to businesses, with small steps, and the least cost.

Healthcare providers have had to turn to change and use scarce resources most effectively and efficiently to survive in the competitive market where bottlenecks have increased. It is essential that guiding scientific studies be diversified and brought to the literature to further popularize lean management in the health sector in Türkiye. This study, it is aimed to contribute to the lack of application in the literature and the stakeholders of the institution, by adding a new one to the lean management practices in health institutions in Türkiye. In addition, it aims to be an introductory guide for those who do not know lean management yet and a comparison element for the institutions that are already implementing it.

This study was carried out in a private hospital in Bursa, which had not previously implemented lean management. The population of the study covers all healthcare processes in hospital outpatient clinics. The sample of the study was determined as the service processes in the obstetrics and gynecology outpatient clinic of the hospital. As a result of two months of observation, a total of 1,253 patients' process data were obtained. Spaghetti diagrams to express patient flows in the examined processes; Value stream mapping (VSM) was used in the transfer of value, information, and material flow in service processes.

In the current state of VSM, the total time spent in the hospital from the patient's entrance to the exit is 302.45 minutes. According to the result obtained, it is possible to state that only 43.54% of the total time spent in the hospital adds value to the patient, while 56.46% does not. Suggestions were presented to eliminate the waste in the current state VSM and a future state VSM was created assuming that these suggestions would be realized. In the future state VSM, the patients follow process steps from the entrance to the exit of the hospital were reduced by 29.03%; the total time spent by patients in the hospital was reduced by 17.39%; the hospital's rate of adding value to patients is 4.23%; the rate of not adding value has been improved by 6.23%.

Requirements such as not having enough time to operate the management decision mechanism, bearing some investment costs, and making changes in the corporate culture are among the limitations of the study. Therefore, the gains to be gained from the improvement suggestions presented to the hospital management are only foresight. The hospital will be able to use its capacity more efficiently by shortening the time spent by the patients in the hospital. On the other hand, less directing and waiting of patients between units in processes will have a positive impact on patient satisfaction. Thus, the hospital will have invested in patient loyalty without incurring any cost by preserving its image. Reducing the hospital stay of patients will also contribute positively to patient safety by reducing the risk of exposure to various infections and coronavirus. Finally, a more ergonomic and waste-free working environment will bring employee satisfaction.

1. GİRİŞ

II. Dünya Savaşı'nın getirdiği mali zorluklar, Toyota Motor Company (TMC)'de üretilen araçların stoklarda birikmesine yol açmış ve şirketi bir çıkmaza götürmüştür. 1950'lerde Eiji Toyoda'nın Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'de seri üretim tekniklerini gözlemlemesi; 1943'te Taichi Ohno'nun katılımıyla konu hakkındaki çalışmaları ve 1955'te Shingo'nun danışman olarak sisteme dâhil edilmesiyle Toyota Üretim Sistemi (TÜS) ortaya çıkmıştır. Ancak TÜS'e dair çalışmalar, 1970'lerde yaşanan petrol krizine kadar şirketin kendi bünyesinde gerçekleştirilmiştir (Holweg, 2007). 1980-1985 yıllarında Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından dünyada yapılan bir kıyaslama çalışmasının sonuçlarına göre Japon otomotiv üreticilerinin Avrupa ve Amerika'dan daha başarılı oldukları ve bu başarının bir tesadüf olmadığına dikkat çekilmiştir. Daha sonra 1990 yılında James P. Womack, Daniel Jones ve Daniel Roos tarafından yazılan "The Machine That Changed the World (Dünya'yı Değiştiren Makine)" adlı kitapta yayınlanarak Japonların başarılarında anahtar olan yönetim sistemi için "yalın" kavramı ilk kez kullanılmıştır (Yalın Enstitü Derneği, 2012). 1940'lardan itibaren otomotiv sektöründe benimsenen TÜS kavramı, 1984'lerde üretim sektöründe yalın üretim, 1992'lerde hizmet sektöründe yalın düşünce, 2000'lerde sağlık sektöründe ise yalın felsefe şeklinde ifade edilmiştir (Brandao de Souza, 2009). Yalın kavramına literatürde çeşitli kullanım şekillerinde rastlanmaktadır. Ancak bu çalışmada "yalın yönetim" ifade biçimi kullanılacaktır.

COVID-19 pandemisi, sağlık yönetim sistemlerinin önemini ve vazgeçilemezliğini acı kayıplar ve deneyimlerle hatırlatmıştır. Japonya'da II. Dünya Savaşı'ndan sonra yalın yönetimin benimsenmesi bir tesadüf değildir. İhtiyaçlar ve zorunluluklar, kişi ve kurumları değişime zorlayan itici güç olmaktadır. Yalın yönetimin Japonya'nın dibe batış hikayesini bir başarı hikayesine dönüştürdüğünü ifade etmek mümkündür. Sağlık sistemlerinde de atom bombası etkisi yaratan pandemi, var olan zorlu hizmet sunum şartlarının daha da zorlaşmasına yol açarak pek çok ülkede ilaç, aşı, malzeme, kişisel koruyucu ekipman ve personel eksikliğinin yaşanmasına sebep olmuştur. Yalın yönetim çalışmaları için herhangi bir ek maliyete katlanılmasına gerek olmadığı gibi, ufak dokunuşlarla büyük iyileşmeler yapılabilmektedir. Dolayısıyla bu zorlu dönemi başarı hikayesine dönüştürebilmek için yalın yönetim, kaçırılmayacak bir fırsat olarak görülmelidir.

Sağlık hizmetleri sunucuları, darboğazların arttığı rekabet piyasasında uzun vadede ayakta kalabilmek için değişime doğru yol almak ve mevcuttaki kıt kaynakları en etkin ve verimli bir şekilde kaliteden ödün vermeden kullanarak ulaşılabılır bir sağlık hizmeti sunmak durumundadır. Bu gereklilik halinde ülkemizde sağlık sektöründe yalın yönetimin daha fazla yaygınlaştırılması için yol gösterici bilimsel çalışmaların çeşitlendirilerek literatüre kazandırılması elzemdir.

Bu çalışmada ülkemizde sağlık kurumlarında yalın yönetim uygulamalarına bir yenisinin eklenerek literatürdeki uygulama eksikliğine, uygulama yapılan hastane yönetimine, çalışanlarına ve hastalarına katkıda bulunması amaçlanmıştır. Ayrıca yalın yönetim hakkında herhangi bir fikri olmayan araştırmacılar ve kurumlar için tanıtıcı, yalın yönetime yeni adım atacak kurumlar için yol gösterici, yalın yönetim uygulayan kurumlar içinse bir karşılaştırma unsuru niteliğine ulaşma gayesi taşımaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yalın, bir kavram olarak ele alındığında; Cambridge Sözlük'teki genel kullanımda "lean-yağsız"; iş İngilizcesi anlamında ise "leanness-zaman da dâhil olmak üzere tüm atıkları ortadan kaldırmak, sorunsuz ve öngörülebilir bir çıktı sağlamak" anlamına gelmektedir (Cambridge University Press, 2020). Türk Dil Kurumu'nun yalın tanımı ise, "gösterişsiz, süssüz, sade, çıplak" şeklindedir (Türk Dil Kurumu, 2020).

Yalın yönetimi sağlık hizmetlerinde gerekli kılan unsurları incelemek gerekirse, toplam sağlık harcaması 2019 yılında bir önceki yıla göre %21,7; genel devlet sağlık harcaması %22,5; özel sektör sağlık harcaması ise %18,8'lik bir artış göstermiştir. Harcamalardaki artış trendi, tüm dünyanın ortak problemi haline gelmiş ve işletmelerini ayakta tutmaya çalışan sağlık kurumları, hizmet standardını düşürmeden maliyetlerde azaltmaya giderek rekabet piyasasındaki yerlerini korumak durumunda kalmıştır (T. Önder ve diğerleri, 2015). Diğer yandan Institute of Medicine'in yayınladığı rapora göre ABD'de her yıl 98.000 kişi insan hatalarından ziyade sistem hatalarından kaynaklanan tıbbi hatalardan dolayı hayatını kaybetmektedir. Bu bilgiler ışığında, sağlık hizmetlerindeki karmaşık ve multidisipliner yapı, sunulan hizmetlerin ertelenemezliği, sürekli sunulması gerekliliği ve bir yandan işletme varlığına tehdit oluşturan mali baskılar ve sağlık hizmetlerindeki ulaşılması gereken hedefler, var olan yönetim mekanizmalarında değişikliğe gidilmesi gerekliliğini ifade etmektedir (Malkoç, 2019: 16-17; Türk Tabipler Birliği, 2011).

Womack ve Jones, yalın yönetimin ilkelerini müşteri değeri, değer akışı, akış, çekme ve mükemmellik şeklinde tanımlamaktadır (Çilhoroz ve Arslan, 2018). Graban ise bu ilkeleri sağlık kurumlarına entegre ederek küçük değişikliklerde bulunmuştur. Graban'ın tanımı ile hastanelerde yalın uygulamalarda temel alınması gereken ilkeler değer, değer akışı, sürekli akış, çekme ve mükemmellik (Graban, 2018: 76).

Yalın yönetimin amacı, ürünleri veya hizmetleri etkileyen tüm süreçlerdeki israfları azaltarak müşteri talebine son derece duyarlı ve kaliteli ürünleri en verimli ve ekonomik bir şekilde üretmektir. İsrâf; planlarda, prosedürlerde, süreç/ürün tasarımlarında veya operasyonlarda gizlenmiş olarak görülebildiği gibi, kaynakları kullanırken ürüne herhangi bir değer katmamaktadır (Seth ve Gupta, 2005). Hastaların tıbbi durumlarına direkt olarak etki etmeyen ancak hasta güvenliği için gerekli olan kontrol faaliyetleri vb. işlemler, zorunlu israf; hastanın tıbbi durumu ile ilgili hiçbir şekilde değer katmayan, herhangi bir kalite kontrol adımı olmayan ve bürokratik bir bağlayıcılık barındırmayan faaliyetler ise saf israf olarak tanımlanmaktadır (Grabana, 2018: 90). Japonya'da bir üretim sürecine katkıda bulunmayan saf israf muda, bir üretim programında, parçaların hacminde veya işgücünde geçici olarak meydana gelen düzensizlik ve dalgalanmalar mura, üretim sahalarındaki makinelere, ekipmanlara veya işçilere çok ağır zihinsel veya fiziksel olarak yüklenilmesi de muri olarak ifade edilmektedir (Rabakavi ve diğerleri, 2013). Yalın yönetim terminolojisinde sıklıkla kullanılan 3M, Tablo 1'de bir hastane üzerinden örneklendirilerek ifade edilmiştir.

Tablo 1. 3M'in bir hastane üzerinden örneklendirilmesi

<i>İsraf Tipi</i>	<i>A Hemşiresinin Bakım Hizmeti Verdiği Hasta Sayısı</i>	<i>B Hemşiresinin Bakım Hizmeti Verdiği Hasta Sayısı</i>
Muda (İsraf)	0	0
Muri (Ağır İş Yükü)	20	20
Mura (İş Yükü Dengesizliği)	1	10

Not: Yazar tarafından derlenmiştir.

Toyota, genel anlamda 7 adet israf türü tanımlarken Liker, ek olarak sekizinci israfı, kullanılmayan çalışan yaratıcılığını, insan potansiyeli veya yetenek israfı şeklinde tanımlayarak katkıda bulunmuştur (Liker, 2004: 28-29). Tablo 2'de israf türlerinin tanımları ve hastane örnekleri yer almaktadır. Litetürde yer alan sağlık sektöründeki yalın yönetim uygulamaları ve kazanımları Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 2. Hastaneler için 8 israf türü ve örnekleri

<i>İsraf Türü</i>	<i>Kısa Tanım</i>	<i>Hastane Örneği</i>
Hatalar	Bir şeyi yanlış yaparak, hataları kontrol ederek ya da hataları düzelterek harcanan zaman	Bir maddenin eksik olduğu cerrahi malzeme arabası; hastaya yanlış ilaç ya da yanlış doz verilmesi
İhtiyaçtan Fazla Üretim	Hastanın ya ihtiyaç duyduğundan daha fazlasını yapmak ya da ihtiyaç duyulandan daha kısa sürede yapmak	Gereksiz teşhis prosedürleri uygulamak
Bekleme	Bir sonraki olayın gerçekleşmesini ya da bir sonraki iş faaliyetini beklemek	İş yüklerinin eşit olmaması nedeniyle bekleyen çalışanlar, randevu için bekleyen hastalar
İnsan Potansiyeli	Çalışanları dâhil etmemek, fikirlerini dinlememek ya da kariyerlerini desteklemekten kaynaklanan israf ve zarar	Çalışanlar yıpranır ve gelişim önerileri sunmaktan vazgeçerler
Taşıma -Gereksiz Malzeme Hareketi	Bir sistemdeki ürünün (hastalar, numuneler, malzemeler) gereksiz hareketleri	Kateter laboratuvarının acil servisten çok uzakta olması gibi kötü bir yerleşim planı
Fazla Stok	Finansal, depolama ve hareket maliyetleri, bozulma ve fire nedeniyle aşırı stok maliyetleri	Tarihi geçmiş ilaçlar gibi, imha edilmesi gereken son kullanım tarihi geçmiş gereçler
Gereksiz Hareket	Sistemdeki çalışanların gereksiz hareketleri	Kötü yerleşim planı nedeniyle her gün kilometrelerce yürüyen laboratuvar çalışanları
Gereğinden Fazla İşlem	Müşterinin değer vermediği ya da hasta ihtiyaçlarına uymayan kalite tanımlarının yol açtığı işler yapmak	Formların üstündeki zaman, tarih damgaları ya da hastaların doldurması gereken formlar

Kaynak: Grabana (2018)

Tablo 3. Literatürde sağlık sektöründe yalın yönetim çalışmaları

Yazar(lar)	Kurum Adı	Uygulama	Kazanım
Farris (2019)	Avera McKennan Hastanesi	Hareket sirkülasyonunun azaltılarak katların sessizleştirilmesi Radyolojik görüntüleme biriminde yalın proje Cerrahi set düzenlemesi	Tercih edilme oranı %13 artmıştır. Kayıta geçen süre 20 dk.'dan 4 dk.'ya; muayene odasına gelene kadar geçen süre 40 dk.'dan 12 dk.'ya düşürülmüştür. Birkaç bin dolarlık tasarruf sağlanmıştır.
Womack ve diğerleri (2005)	Virginia Mason Tıp Merkezi	2002-2005 yılları arasında gerçekleştirilen yalın yönetim uygulamaları	Doğrudan işçilik ve verimlilik oranları %45-75, akış verimliliği %60-90 artış göstermiştir. Maliyetler %25-55, hatalar %50-90, envanter %60-90, kullanım alanları %35-50, teslimat süresi %50-90 oranında azaltılmıştır.
Barnas (2011)	Theda Care Hastanesi	Radyasyon onkolojisi, tesis yönetimi ve diğer bakım hizmetlerinde 2003 yılında başlatılan yalın yönetim uygulamaları	25 milyon dolardan fazla tasarruf sağlanmıştır.
Dağcı ve Aslan (2020)	Tokat ilinde bir devlet hastanesi	Dahiliye bölümünde değer akış haritalama uygulaması	Gelecek durum haritasında yapılan öneriler sonucunda %23,4 ile iyileştirme oranı değer katmayan sürelerin 180 dk.'ya indirilebileceği ifade edilmiştir.
Lowe (2013)	Park Nicollet Hastanesi	2007 yılında yalın yönetimin uygulanmasıyla	Hastaların günlük ortalama yürüme mesafesi 4328 metrenin altına düşürülmüş, ayda 2924'ten daha az cerrahi alet alınarak kardiyak kateter laboratuvarında 143.000 dolarlık tasarruf sağlanmıştır, günlük çevrim süresi 76 saat azaltılmış ve günlük 3.977 hata ortadan kaldırılmıştır.
Aslantaş Ateş ve Toraman (2016)	Bir üniversite hastanesi	Eczanede yalın tedarik zinciri yönetimi uygulamasıyla	Hemşirelerin iş yükünde azalma, ilaç ve zaman israfının önlenmesi, ilaç hatalarının minimize edilerek ilaç güvenliğinin sağlanması, gereksiz ilaç stokunun önüne geçilmesi, dış reçetelerden kaynaklanan SGK kesintilerinin azaltılması.
Kurutkan ve diğerleri (2014)	Düzce Araştırma ve Uygulama Merkezi Hastanesi	Yatan hasta israf tanımlama aracının (YHİTA) servis, taburcu, bakım, teşhis ve tedavi modülleri kullanılmıştır.	Servis %11,11, taburcu %10, bakım %2,52, teşhis %44,2 ve tedavi modülünün israf oranı %25,29 olarak hesaplanmıştır. Servis modülünde yer alan israf maliyetlerinin ise 3.100.320 TL. olduğu tespit edilmiştir.
Efe ve Engin (2012)	Bir hastanenin acil servisi	Değer akış haritalama uygulaması	Hastaların acil serviste hizmet geçirdikleri 132,5 dk.'dan sadece 37,5 dk.'sının başka bir ifadeyle %28,5'inin değer kattığı tespit edilmiştir.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Tasarımı

Eylem araştırmaları, araştırmacının süreç içinde bulunarak tarafsız bir şekilde gözlem yapmasıyla bazen de araştırma katılımcılarının katkılarıyla süreçteki problemlerin çözümü için sorunları ele alan pratik bilginin geliştirilmesiyle ilgilenen katılımcı bir süreçtir. Araştırma sonunda insanlığa hizmet ve toplumun gelişmesine katkıda bulunabilmek için teorik bilgi ile bu bilginin pratikteki yansımaları sentezlenerek değişim ve dönüşüm sağlanmaktadır (Reason ve Bradbury, 2008: 3). Nitel araştırma yöntemleri altında yer alan eylem araştırmaları, bir sorunu çözmek için genel geçer kabulleri bir tarafta bırakarak bu kabule sebep olan unsurları inceleme nesnesi haline getirmektedir (Bogdan ve Biklen, 2007: 242). Bu çalışmada hastanenin seçilen birimindeki süreçlerde yer alan israfların çözümüne yönelik bir yönetim tasarımı önerileceğinden

dolayı eylem araştırması, çalışmada kullanılacak araştırma deseni olarak belirlenmiştir. İlgili sürecin gerçekleştiği sahada (gemba) bulunularak araştırmacı tarafından gözlemlenen süreçlerdeki hasta akışlarının ifade edilebilmesi için spagetti diyagramları; hizmet süreçlerindeki değer, bilgi ve malzeme akışlarının aktarımında ise değer akış haritalama (DAH) tekniği kullanılmıştır.

3.2. Çalışma Sahasına İlişkin Bilgiler

Kurum yönetiminin isteği doğrultusunda araştırmacı ile hastane yönetimi arasında yapılan anlaşma gereği kurum adının kullanılmaması kararlaştırılmıştır. Bu sebeple hastaneye bir rumuz belirlenerek ilgili kurumdan çalışma içerisinde BFT Hastanesi olarak bahsedilecektir. BFT Hastanesi, 1.000 m²'lik bir alanda yerleşen, 25 farklı branşta tıbbi hizmet sunan, 60 hekim ve 600 sağlık çalışanının görev yapmakta olduğu, Bursa ilinde faaliyet gösteren köklü bir geçmişe sahip ve daha önce yalın yönetim uygulamamış olan bir özel hastanedir.

3.3. Evren ve Örneklem

Çalışmanın evreni, BFT Hastanesi'nin polikliniklerindeki tüm sağlık hizmeti süreçlerini kapsamaktadır. Eylem araştırmalarında genellikle başvuru şekli olduğu gibi bu çalışmada da amaçlı örnekleme tercih edilmiştir. Amaçlı örnekleme, araştırmacının gözlemlerine dayanarak çalışma amaçlarına ve araştırma sorusuna en uygun olduğu düşünülen katılımcıların seçilmesi şeklinde yapılan örnekleme şeklinde tanımlanmaktadır (Gürbüz ve Şahin, 2018: 132). Araştırmaya başlamadan önce hastane yönetimiyle gerçekleştirilen toplantıda kurumun değişime ve iyileştirmeye en çok ihtiyaç duyduğu birimler listelenmiştir. Ardından araştırmacının sunabileceği önerilerin yerleşim planı, çalışan sayısı ve süreç adımları bakımından en uygulanabilir birimlerin kalacağı şekilde elemeler yapılmıştır. Toplam başvuruların %17,5'ini oluşturan kadın hastalıkları ve doğum polikliniğinin (KHD) hastane gelirlerinin önemli bir kısmını oluşturması, branş özelinde hastanenin faaliyet gösterdiği bölgede hastalar tarafından bir cazibe merkezi olarak görülmesi ve hastanenin iyileştirme önerilerine en fazla ihtiyaç duyduğu birim olması gerekçeleriyle çalışmanın örnekleme, BFT Hastanesi'nin KHD polikliniğindeki hizmet süreçleri olarak belirlenmiştir. Araştırmacı tarafından gözlemlenen poliklinik süreçlerinin ve hastalarının KHD polikliniğine ait olması konusunda özenle seçicilik gösterilerek gözlemler sonucunda toplam 1.253 hastanın süreç verisine ulaşılmıştır.

3.4. Veri Toplama Süreci

BFT Hastanesi KHD Polikliniği süreçlerine ait gözlemler, 01.04.2021 ve 31.05.2021 tarihleri arasında bizzat araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Hastane yönetimi tarafından gözlem yapılacak olan birimlere bir araştırma yapılacağı hakkında SMS yoluyla bilgilendirilme yapılmıştır. Ayrıca çalışanların süreç gözlemine engel olmaması için araştırmacıya "misafir araştırmacı" unvanının yer aldığı bir kimlik kartı tanımlanarak hastanedeki personel alanlarında bulunmasına izin verilmiştir. Poliklinik süreçlerinde, hasta mahremiyetine özen gösterilerek ve Kişisel Verilerin Korunmasına Yönelik Kanun (KVKK) gereğince kişisel verilere erişim sağlanmadan ve hasta dosyalarında yer alan bilgilere başvurulmadan yalnızca araştırmacı gözlemlerine, kronometre ve adımsayar ölçümlerine dayandırılarak gözlem günlüğünde kayıt altına alınmıştır.

3.5. Veri Girişi ve Analizi

Araştırmacı tarafından gözlem notlarının yer aldığı araştırmacı günlüğündeki süre verileri, günlük olarak Microsoft Excel programında oluşturulmuş olan tabloya saniye cinsine dönüştürülerek kaydedilmiştir. Tabloya girişi yapılan verilerin günlük olarak en küçük, en büyük ve aritmetik ortalamalarına dikkat edilerek kendini birkaç gün üst üste tekrarlayan veriler elde edildiğinde, ait oldukları süreci temsil ettiği kabul edilmiştir. Spagetti diyagramlarının ve DAH'ın bilgisayar ortamına aktarılması için Microsoft Visio programı kullanılmıştır.

3.6. Çalışmanın Kısıtlılıkları

Veri toplama işleminin gerçekleştirileceği tarih aralığında COVID-19 pandemisinden ötürü araştırmacının hastanede geçireceği sürenin uzaması, birtakım sağlık risklerini de beraberinde getireceği için veri toplama süresi iki ay ile sınırlandırılmıştır. Çalışma sahası olarak seçilen kurum, daha önce yalın yönetimi uygulamadığı için köklü değişikliklerin yapılması ve diğer birimlerde de eş zamanlı bir değişim hareketinin başlatılması için iki ay yeterli bir süre değildir. Dolayısıyla hastanenin seçilen bir branşında çalışma gerçekleştirilmiştir. Hastaların rahatsız olmamaları adına sürecin ait olduğu birimlerde gözlemler yapılarak süreç bazlı veri toplama yapılmıştır. Hastalar, her süreçten aynı yoğunlukta geçmemektedir. Örneğin kayıt bankosu ile ultrason başvurusunda gözlemlenen hasta sayısı farklılık göstermektedir. Talep farkından dolayı gözlem süresince toplanan veriler, başvuru sıklığı ile uyumlu bir oran içindedir.

3.7. Spagetti Diyagramı

Bir süreci yalınlaştırmak için değer aktığı tüm süreçlerin adım adım gezilerek faaliyetlerin tanımlanması, geçen sürenin not alınması, ilaveten fiziki anlamda atılan adımların da belirtilmesi önerilmektedir. İşlemin gerçekleştiği sahada değer ve malzeme hareketlerinin işlem adımları sırasına göre çizilmesi sonucunda oluşan görsel, bir tabak dolusu spaghettiyi andığından dolayı spaghetti diyagramı olarak tanımlanmaktadır (Liker, 2004: 29-30). Sözel olarak ifade edilemeyen israfların oldukça kolay ve maliyetsiz bir şekilde görselleştirmeye yarayan bu aracı uygulamak için herhangi bir ek maliyete katlanmaya gerek yoktur (Feld, 2001: 65-66). Spagetti diyagramlarının yalın yönetim uygulamalarında iyileştirmelerin veya değişikliklerin gerçekleştirilmesinden sonraki durumun da ölçülebilmesi adına tekrar çizilmesi önerilmektedir. Bir sürecin gerçekleştiği alana dair ne kadar az spaghetti görünümü varsa o kadar yalınlaştırıldığı anlamını da taşımaktadır (Smith ve diğerleri, 2007: 70-72).

3.8. Değer Akış Haritalama Tekniği

DAH tekniği, bir iş sürecindeki tüm israfları, değer katan ve değer katmayan faaliyetleri gösterme yeteneği ile yalın üretim uygulamalarının temelini oluştursa da tek başına hızlı bir çözüm tekniğinden ziyade uzun vadeli ve karmaşık süreçlerdeki iyileştirme çalışmalarının kontrolünün de sağlanabildiği bir yöntem olarak değerlendirilmelidir (Lindenau-Stockfish, 2011: 17). DAH, süreç içerisindeki değer katan ve değer katmayan faaliyetleri, bu faaliyetler esnasında harcanan süreleri, işlem adımları gibi pek çok parametreyi haritalayan karmaşık bir yöntem olmasından dolayı bir işletmedeki her ürünün, hizmetin veya tedavi işleminin tek bir haritalamada gösterilmesinin mümkün olmaması nedeniyle bir ürün ya da hizmet ailesi seçilmelidir. Ürün ya da hizmet bazında odaklanan bir haritada daha ince detaylar gösterilebileceği için görünmeyen israflar daha net ortaya çıkmaktadır (Rother ve Shook, 1999: 16).

3.8.1. Ürün Ailesinin Belirlenmesi

Ürün ailesi belirlenirken; işletmenin ürünleri ya da hizmetleri listelenmeli, ürünlerin işlem gördükleri her bir süreç karşılarına detaylıca adım adım olacak şekilde yazılmalıdır. Benzer aşamalara sahip ürünler kendi içlerinde gruplandırılarak ürün ailesi oluşturulmalıdır. Böylece oluşturulacak olan her bir harita, bir ürün ailesinin durumunu gösterecek şekilde hazırlanmış olmaktadır (Döğer, 2016: 70).

3.8.2. Mevcut Durum Haritası


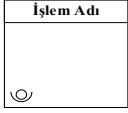
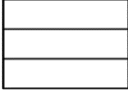









DAH yönteminin ikinci adımı mevcut durumun analiz edilerek haritalandırılmaya başlanmasıdır. Başarılı bir mevcut durum haritası için gözlemci tarafından sahada sürecin başlangıcından bitiş noktasına kadar her bir aşamada bulunularak faaliyetler ile ilgili bilgilerin kronometre ve adımsayar gibi araçlarla gözlem yoluyla toplanması ve not edilmesi gerekmektedir. DAH tekniğinde, bir işlemin gerçekleştirildiği süreç içerisindeki değer katan ve değer katmayan işlemleri belirtmek için çevrim süresi, katma değer süresi, teslim süresi, bekleme süresi olarak tanımlanan sürelerin hesaplanması, ardından Tablo 4'de yer alan değer akış sembolleri kullanılarak ilgili sürece ait çizim gerçekleştirilmelidir (Rother ve Shook, 1999: 24-31).

- *Çevrim Süresi (Cycle Time - C/T)*: Bir sürecin başlangıç ve bitiş noktaları arasında geçen süredir. Bir ürünün ne sıklıkta tamamlandığını da ifade etmektedir.
- *Katma Değer Süresi (Value Added Time - VA)*: Bir müşterinin para ödemek için istekli olacağı değer katan faaliyetlerin gerçekleştirildiği süreyi ifade etmektedir.
- *Teslim Süresi (Lead Time - L/T)*: Bir ürünün ya da hizmetin elde edilmesi için geçen değer katan ve değer katmayan sürelerin toplamını ifade etmektedir.
- *Bekleme Süresi (Waiting Time - W/T)*: Bir ürün ya da hizmetin elde edilmesi için değer katmayan, verimsiz tüm bekleme sürelerini ifade etmektedir (Zidel, 2006: 47).

3.8.3. Gelecek Durum Haritası

Gelecek durum haritası, işletme için ideal olan değer akışını betimlemektedir. Katma değer olmayan adımların mümkünse ortadan kaldırılmasını, itme yerine çekme sisteminin uygulanarak bekleme sürelerinin indirilmesini ve sistem boyunca ürün ya da hastanın engelsiz bir şekilde akışını amaçlamaktadır. Özetle mevcut durumda tespit edilen israflardan arındırılmış bir şekilde, sisteme, hastaya, çalışana değer katan süreçler tasarlanmalıdır. Tasarlanan yeni süreç, mevcut durum haritalamasında kullanılan adımlar izlenerek tekrar haritalandırılmalı ve sonuç olarak iyileştirme planları yeni haritadaki ideal duruma ulaşmak üzere hazırlanmalıdır (Zidel, 2006: 50).

Tablo 4. Değer akış haritasında kullanılan şekiller ve anlamları

DAH Şekil	Şekillerin Karşılık Geldiği Anlam
	Hasta (Kadın hastalıkları ve doğum polikliniğine başvuran hasta)
	Görevli bir kişi tarafından yapılan işlem (Muayene kaydı, muayene, tetkik kaydı vb. süreçler)
	İşlemden geçirilen döngü süresi, bekleme süresi ve temin sürelerinin yer aldığı veri tablosu (İşlem için geçirilmesi gereken değer katan süre, değer katmayan süre ve ikisinin toplamı)
	Bekleme (Herhangi bir sebepten ötürü yaşanan beklemler)
	Hastanede kullanılan hastane bilgi yönetim sistemi (HBYS) yazılımını ifade etmektedir.
	Elektronik bilgi akışı (HBYS'ye veri aktarımı veya veri çekilmesi)
	El ile bilgi (Kimlik beyanı, tetkik istem formları, laboratuvar sonuç belgeleri vb.)
	Çekme oku (Hastaların bankodan veya muayene odalarından çağrılarak işletilen süreçler)
	İtme oku (Hastaların bir yerden başka bir yere yönlendirilmesi ile işletilen süreçler)
	Sevkiyat oku (Hastaların numune örneklerinin bir yerden başka bir yere taşınmasını ifade eden süreçler)
	Zaman çizelgesi (Tümsekler beklemler ve ulaşım için geçirilen süreleri, çukurlar ise döngü sürelerini ifade etmektedir.)
	Kaizen patlaması iyileştirme yapılması gereken süreçleri, üzerindeki numara ise problemlerin numarasını ifade etmektedir.

4. BULGULAR

4.1. Ürün/Hizmet Ailesinin Seçimi

BFT Hastanesinin KHD polikliniğinde gözlemlenen hastaların hastaneden aldıkları hizmetler, Tablo 5'te sınıflandırılmıştır. Gözlemlenen hastaların ihtiyaç duyulan durumlara göre; muayene, laboratuvar tetkikleri, detaylı ultrason görüntüleme, NST ve sonuç gösterme işlemlerini değişken kombinasyonlar şeklinde yaptıkları tespit edilmiştir. Değer akış haritasında hastaların hizmet aldığı poliklinik sürecinin hepsine dokunabilmek ve katkı sağlayabilmek adına gözlemlenen hastaların tümünün, Tablo 5'te yer alan 7 numaralı hizmet grubuna ait oldukları kabul edilerek süreç akışı gerçekleştirilecektir.

Tablo 5. Ürün/Hizmet ailesi tablosu

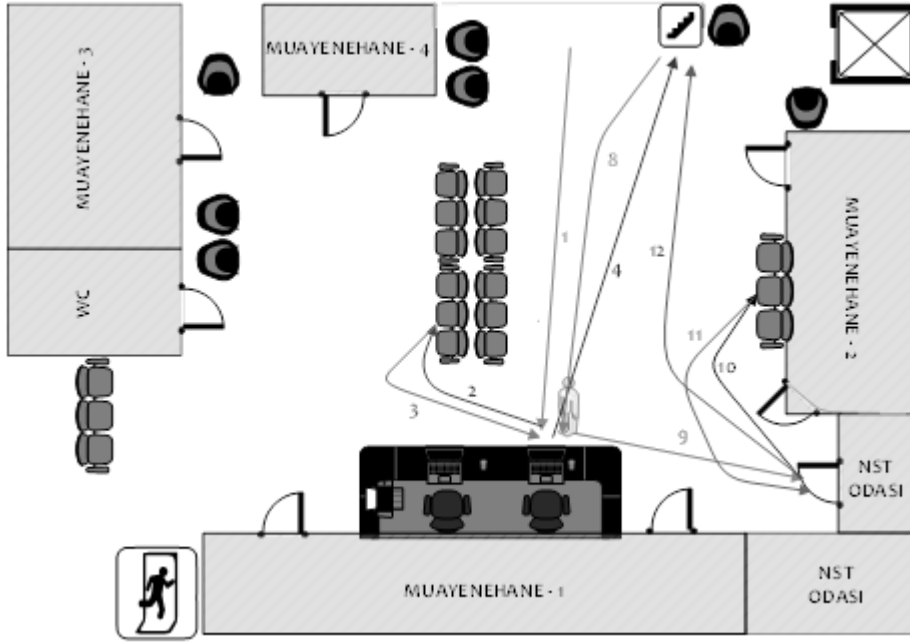
Grup No	Yapılan İşlemler				
1	Muayene				
2	Muayene	Laboratuvar Tetkikleri	Sonuç Gösterme		
3	Muayene	Laboratuvar Tetkikleri	Detaylı Ultrason Görüntüleme	Sonuç Gösterme	
4	Muayene	NST	Sonuç Gösterme		
5	Muayene	NST	Laboratuvar Tetkikleri	Sonuç Gösterme	
6	Muayene	Detaylı Ultrason Görüntüleme	Sonuç Gösterme		
7	Muayene	Laboratuvar Tetkikleri	Detaylı Ultrason Görüntüleme	NST	Sonuç Gösterme

BFT Hastanesi KDH polikliniğinde hasta başvurusu ile başlayan ve seçilen ürün ailesinin son aşaması tamamlanana kadar hastaneden alınan hizmet süreçleri, işlem sırasına göre spagetti diyagramları, kronometre ve adımsayar ölçümleri ile aktarılarak mevcut durum DAH'da özetlenmiştir. Mevcut durum analiz sonucunda kuruma sunulan iyileştirme önerileri sıralanarak kaizen noktalı DAH'da ve ilgili iyileştirme önerilerinin gerçekleştirilmesi durumunda elde edilebilecek kazanım öngörülerini sunularak ulaşılmaması gereken durum, gelecek durum DAH'da belirtilmiştir.

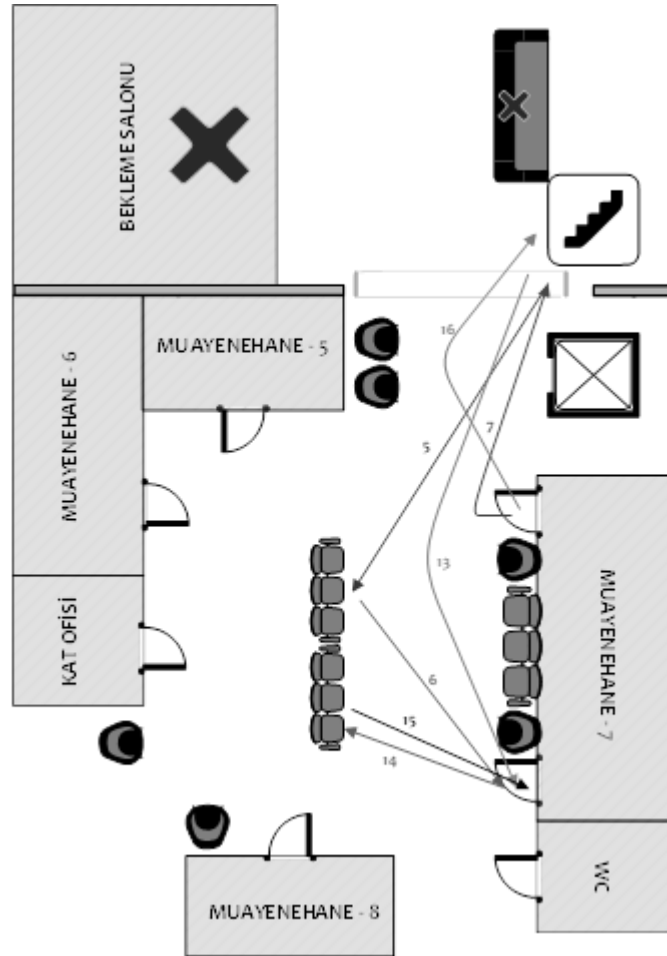
4.2. Spagetti Diyagramları ile Hastane Süreç Akışları

KDH polikliniği iki ayrı katta hizmet vermekte ve hasta tek bir poliklinik katında muayene süreçlerini tamamlayamamaktadır. Bu nedenle iki poliklinik katına da diyagramlarda yer verilmiştir. Şekil 1'de BFT Hastanesi KDH polikliniğinde hastaların ilk başvurdukları birimin spagetti diyagramı yer almaktadır. Numaralandırılmış adımlarda geçirilen süre ve adım sayıları ise şekilleri takip eden tablolarda belirtilmiştir. Şekil 1 ve Şekil 2'de betimlenen sürece ait gözlem verileri, Tablo 6'da yer almaktadır. Spagetti diyagramlarında numaralandırılmış adımlarda gerçekleşen işlemler aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

1. Adım: Hasta, kayıt bankosuna muayene kaydı için kimlik belgesini bırakmaktadır.
2. Adım: Kayıt sırasının kendisine gelmesini beklemektedir.
3. Adım: Hasta, kayıt bankosundan çağırılmış ve muayene kayıt işlemi başlatılmıştır. Kayıt işlemi gerçekleştirilen hasta, hasta danışmanı tarafından bir alt kata yönlendirilmektedir.
4. Adım: Hastanın muayene odasına ulaşmak için kat ettiği yolu sembolize etmektedir.
5. Adım: -1. Kattaki KHD polikliniğine ulaşan hasta, muayene sırası beklemektedir.
6. Adım: Hastanın muayene işlemi başlatılmaktadır.
7. Adım: Hasta, NST testi için bir üst kattaki kayıt bankosuna yönlendirilmektedir.
8. Adım: NST testi için hasta kayıt bankosunda beklemektedir.
9. Adım: Hasta, kayıt esnasında almış olduğu hizmet dökümünü NST odasında çalışan hemşireye teslim ederek NST işlemi için beklemektedir.
10. Adım: NST bekleme sürecini ifade etmektedir.
11. Adım: NST odasından ismi okunan hastanın, NST çekim işlemi başlamaktadır.



Şekil 1. Zemin kat kadın hastalıkları ve doğum polikliniği spagetti diyagramı



Şekil 2. -1. Kat kadın hastalıkları ve doğum polikliniği spagetti diyagramı

12. Adım: NST testini yaptıran hasta, sonucunu hekime gösterebilmek için tekrar -1. kattaki muayene odasına yönlendirilmektedir. (4. Adımdaki ulaşım süreci hesaplamaya dâhil edilmiştir.)

13. ve 14. Adım: Hasta, hekimin asistanına NST sonuç kağıdını teslim ederek muayene odasından çağrılmak üzere beklemektedir.

15. Adım: Muayene odasından çağrılan hastanın test sonuçları değerlendirilmektedir.

16. Adım: Hastanın KHD polikliniğinden ayrılarak sürecin devam eden işlemleri için diğer birimlere doğru yola çıktığını temsil etmektedir.

16. adımda hasta, hekiminin istemiş olduğu laboratuvar tetkiklerinin kayıt işlemleri için bir üst kata çıkıp hastanenin ana giriş bölümündeki zemin kat bankoya gitmektedir. Hastanın bulunduğu fiziki mekân, zemin kat banko olarak değiştiği için sürecin bu alanda geçen adımları Şekil 3'te yer alan spagetti diyagramında, işlem ve bekleme süreleri ise Tablo 7'de belirtilmiştir.

Hastanede hizmet alan hasta yoğunluğunun genellikle genel sağlık sigortası (GSS) güvencesine sahip veya ücretli hasta olmasından dolayı değer akış haritasında anlaşmalı kurum hasta süreçlerine yer verilmemiştir. Ancak aynı gözlem alanında anlaşmalı kurum hastaları da gözlemlenmiş olduğu için hastaneye katkı sağlanması amacıyla kayıt ve provizyon aşamasındaki problemler ortaya konularak süreç iyileştirmesi için önerilerde bulunulmuştur. Şekil 3'te 16, 17 ve 18 numaralı adımlar, genel sağlık sigortasından faydalanan veya ücretli hizmet alan hastalara ait kayıt işlemlerinin gerçekleştirildiği süreçleri ifade ederken 16a, 17a ve 18a numaralı adımlar da, tamamlayıcı sağlık sigortası (TSS) veya özel sağlık sigortasından (ÖSS) faydalanarak sağlık hizmeti alan hastaların kayıt süreçlerini ifade etmektedir. Yalnızca muayene kayıtlarında her bankodan işlem yapılabilirken tetkik ve diğer görüntüleme işlemleri için Şekil 3'te belirtilen özel sigortalar birimine başvurulması gerekmektedir.

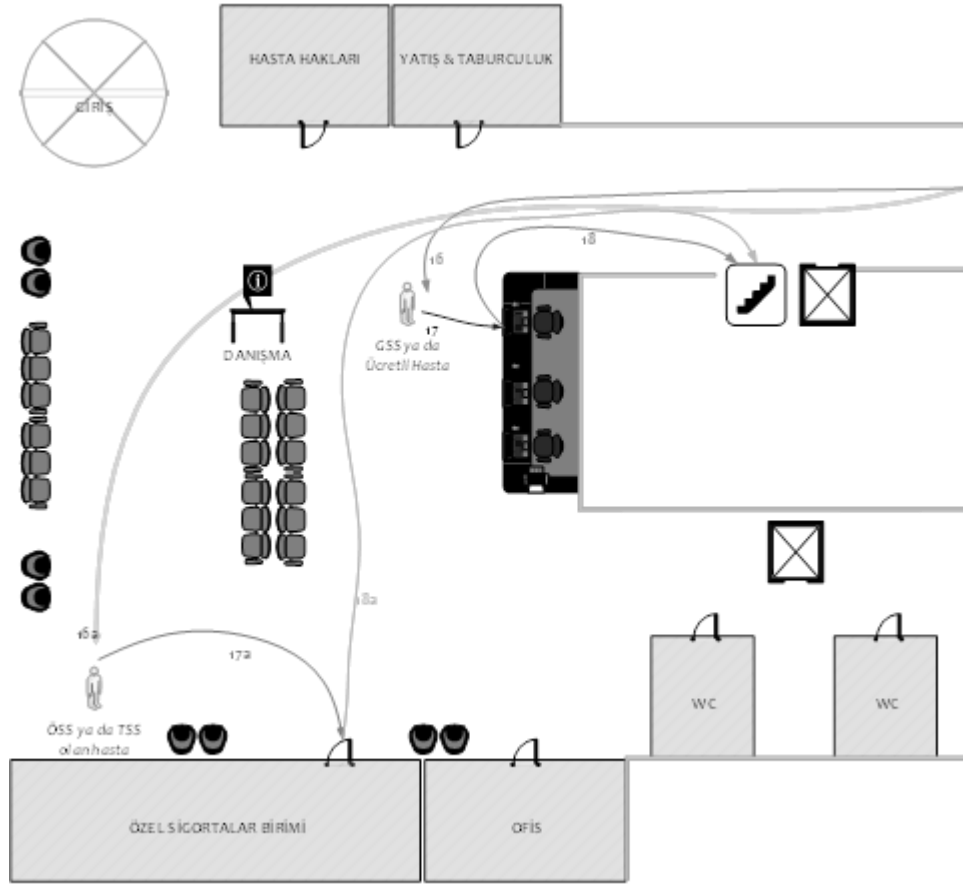
17. Adım: Laboratuvar tetkikleri için kayıt bekleme süresi sona erip hastaya sıra geldiğinde elindeki tetkik listesini bankodaki hasta danışmanına vererek ücret bilgisi alır, ödeme işlemlerini gerçekleştirir ve tetkik listesine hasta danışmanı tarafından "ödendi" ibaresi bulunan bir kaşe basılarak hastaya geri teslim edilir ve numune alma işlemleri için 18. adımda laboratuvar sekreterliğine yönlendirilir.

16a Adımı: -1. kat kadın hastalıkları ve doğum polikliniğinden zemin kat ÖSS birimine ulaşım ve tetkik kayıt için bekleme sürecini ifade etmektedir.

17a Adımı: özel sigortalar biriminde hastaların tetkik kayıt işlemini temsil etmektedir.

Tablo 6. -1. Kat ve zemin kat kadın hastalıkları ve doğum polikliniğinde yer alan süreçlerde geçirilen işlem ve bekleme süreleri

<i>Süreç Adımları</i>	<i>Hasta Sayısı</i>	<i>Minimum (Sn.)</i>	<i>Maksimum (Sn.)</i>	<i>Ortalama (Sn.)</i>	<i>Ortalama (Dk.)</i>
Kayıt Bekleme Süresi (1 ve 2 nolu adımlar)	213	0	4320	569,34	9,49
Kayıt Süresi (3 nolu adım)	256	30	360	122,74	2,05
Zemin Kattan -1. Kat Muayene Odasına Ulaşım Süresi (4-7-12 nolu adımlar-44 adım ulaşım mesafesi)	4	40	60	53,75	0,89
Muayene Bekleme Süresi (5 nolu adım)	116	0	9000	2079,1	34,65
Muayene Süresi (6 nolu adım)	184	120	1740	632,11	10,54
NST Kayıt Bekleme Süresi (8 nolu adım)	44	0	1680	485,45	8,09
NST Kayıt Süresi (8 nolu adım)	50	30	180	76,9	1,28
NST Bekleme Süresi (9 ve 10 nolu adım)	78	0	6480	1084,62	18,08
NST Süresi (11 nolu adım)	86	780	3480	1656,6	27,61
NST Sonuç Gösterme Bekleme Süresi (13 ve 14 nolu adım)	24	0	6300	1561,25	26,02
NST Sonuç Gösterme Süresi (15 nolu adım)	22	60	1320	439,09	7,32
-1. Kat Kadın Hastalıkları ve Doğum Polikliniğinden Zemin Kat Bankoya Ulaşım Süresi (16 nolu adım) Ulaşım Mesafesi (105 adım)				74	1,24



Şekil 3. Zemin kat kayıt bankosu spagetti diyagramı

Tablo 7. Zemin kat bankoda yer alan süreçlerde geçirilen işlem ve bekleme süreleri

Süreç Adımları	Hasta Sayısı	Minimum (Sn.)	Maksimum (Sn.)	Ortalama (Sn.)	Ortalama (Dk.)
Tetkik Kayıt İçin Banko Bekleme Süresi (16-17 nolu adım)	75	0	900	164,8	2,75
Tetkikler için Kayıt Süresi (17 nolu adım)	76	35	260	118,72	1,98
Zemin Kat Bankodan Laboratuvar Sekreterliğine Ulaşım (18 nolu adım) Ulaşım Mesafesi (87 adım)				53	0,98
-1. Kat Kadın Hastalıkları ve Doğum Polikliniğinden Zemin Kat ÖSS Birimine Ulaşım (16a nolu adım) Ulaşım Mesafesi (120 adım)				90	1,5
Özel Sigortalar Birimi Bekleme Süresi (16a-17a nolu adım)	107	0	2460	882,06	14,7
Özel Sigortalar Birimi Kayıt Süresi (17a nolu adım)	103	60	2220	440,39	7,34
Özel Sigortalar Biriminden Laboratuvar Sekreterliğine Ulaşım (18a nolu adım) Ulaşım Mesafesi (87 adım)				53	0,98

18. adımın sonunda tetkik kayıt işlemleri gerçekleştirilen hasta, hasta danışmanı tarafından yönlendirildiği laboratuvar sekreterliğine ulaşmaktadır. Laboratuvar sekreterliği ve detaylı ultrason görüntüleme odası hastanenin -1. katındaki farklı bir alanda yer aldığı için hastaların kurum içindeki hareketleri Şekil 4'teki spagetti diyagramında; süreçlerdeki bekleme ve işlem süreleri ise süreçlerin gerçekleştiği fiziki alanlara göre Tablo 8 ve Tablo 9'da ifade edilmiştir.

19. Adım: Hasta, laboratuvar testlerinin ödendi bilgisi bulunan evrakı laboratuvar sekreterine teslim edip yapılacak testlerinin barkodunu almak üzere beklemektedir.

20. Adım: Laboratuvar istem evrakını teslim alan sekreter, yapılacak testlerin barkodunu oluşturarak hastaya teslim etmektedir.

21. Adım: Hasta, test barkodları ile kan alma birimine yönlendirilmektedir.

22. Adım: Hastadan kan numunesi alınarak tüpün üzerine barkod yapıştırılmakta, ardından barkod okuyucuya okutulmuş numune kabul işlemi gerçekleştirilmekte ve laboratuvara teslim edilmek üzere tüpler bir kutuda biriktirilmektedir.

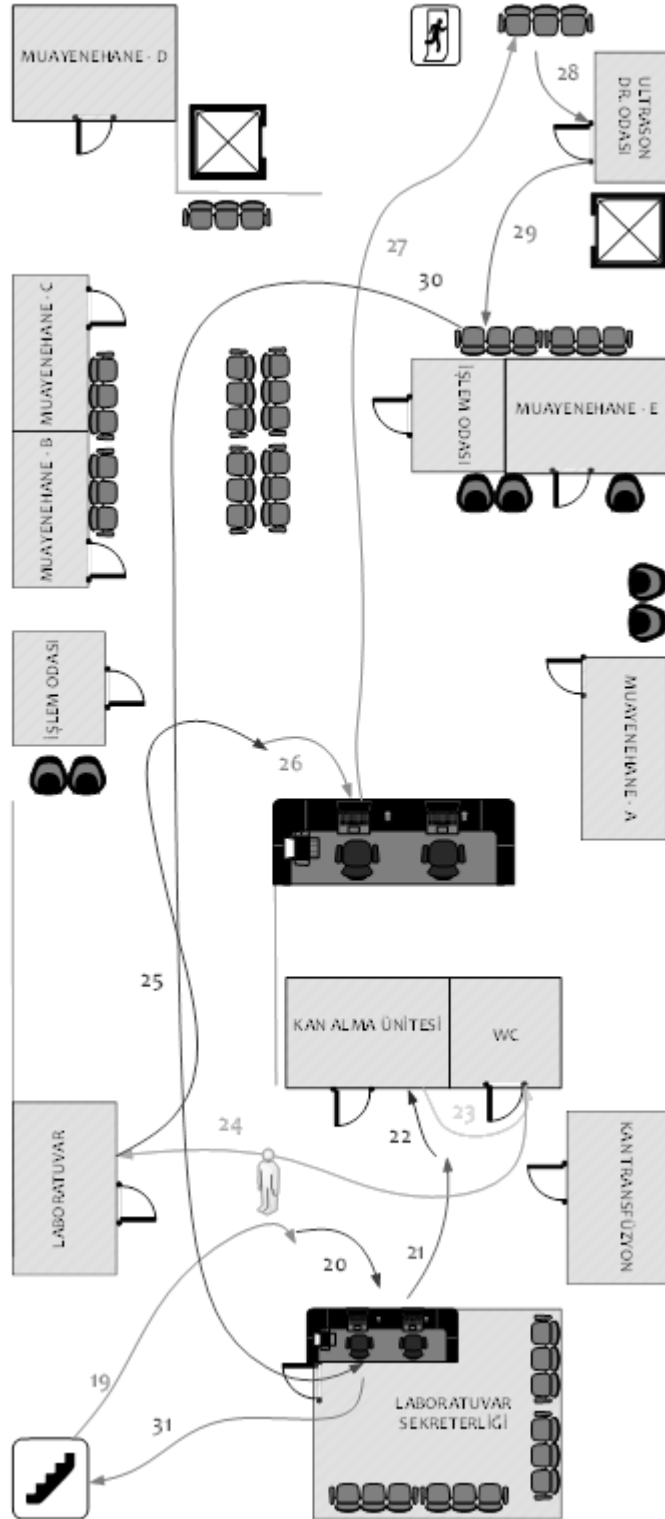
23. Adım: İdrar numunesi verme işlemini temsil etmektedir.

24. Adım: Hastalar, idrar numune kaplarını laboratuvar biriminin dış kapısının yanında bulunan ve iki taraflı açılabilen bir çekmeceye teslim ederek eş zamanlı bir şekilde laboratuvara ulaştırmış olmaktadır.

25. Adım: Laboratuvar testleri için numune verme işlemlerini bitiren hasta, detaylı ultrason görüntüleme işleminin kaydı için ultrason sekreterliğine doğru yol almaktadır.

Tablo 8. -1. Kat laboratuvar alanında gerçekleşen işlem adımları ve süreleri

<i>Süreç Adımları</i>	<i>Hasta Sayısı</i>	<i>Minimum (Sn.)</i>	<i>Maksimum (Sn.)</i>	<i>Ortalama (Sn.)</i>	<i>Ortalama (Dk.)</i>
Laboratuvar Sekreterliği Barkod Bekleme Süresi (19 nolu adım)	122	0	540	68,54	1,14
Laboratuvar Sekreterliği Barkod Alma Süresi (20 nolu adım)	107	15	150	37,93	0,63
Kan Alma Birimine Ulaşım (21 nolu adım) Ulaşım Mesafesi (13 adım)				10	0,17
Kan Alma Birimi Bekleme Süresi (21 nolu adım)	114	0	559	70,27	1,17
Kan Alma Süresi (22 nolu adım)	134	30	326	98,44	1,64
Kan Alma Biriminden WC'ye Ulaşım (23 nolu adım) Ulaşım Mesafesi (7 adım)				4	0,07
İdrar Numune Verme Süresi (23 nolu adım)	6	150	365	234,5	3,91
WC'den Laboratuvara Ulaşım (24 nolu adım) Ulaşım Mesafesi (15 adım)				7	0,12
İdrar Numune Teslim Süresi (24 nolu adım)	3	7	10	8	0,13
Laboratuvardan Ultrason Sekreterliğine Ulaşım (25 nolu adım) Ulaşım Mesafesi (42 adım)				24	0,4



Şekil 4. -1. Kat laboratuvar ve ultrason alanında geçirilen süreçlerin spagetti diyagramı

26. Adım: Ultrason işlemi için hekimin hastaya verdiği tetkik istem evrakı hasta tarafından ultrason sekreterine teslim edilip, ödeme işlemi gerçekleştirilmekte ve ultrason sekreteri tarafından "ödendi" ibaresi bulunan bir kaşe vurularak radyoloji uzman hekim asistanının teslim alması üzere bankonun bir bölümünde biriktirilmektedir.

27. Adım: Kayıt işlemi biten hasta, ultrason birimine doğru yönlendirilmektedir. Birkaç hasta işleminde bir olmak üzere radyoloji uzman hekiminin asistanı, ultrason sekreterliği bankosuna gelerek ödeme işlemi gerçekleştirilen tetkik istem evraklarını teslim alarak işlem sırasına göre odadan hastaları isimleri ile çağırılmaktadır.

28. Adım: Detaylı ultrason çekim işlemini ifade etmektedir.

29. Adım: Ultrason çekimine dair rapor hastaya teslim edilmektedir.

30. Adım: Hasta, laboratuvar test sonuçlarını teslim almak üzere laboratuvar sekreterliğine doğru yola çıkmaktadır.

31. Adım: Laboratuvar test sonuç raporunu teslim alan hasta, hekimine raporunu değerlendirmesi üzere muayene odasına gitmektedir. Böylece sonuçları değerlendirilen hastanın KHD polikliniğindeki hizmet alım süreci sonlanmaktadır.

Tablo 9. -1. Kat ultrason alanında gerçekleşen işlem adımları ve süreleri

<i>Süreç Adımları</i>	<i>Hasta Sayısı</i>	<i>Minimum (Sn.)</i>	<i>Maksimum (Sn.)</i>	<i>Ortalama (Sn.)</i>	<i>Ortalama (Dk.)</i>
Ultrason Sekreterliği Bekleme Süresi (26 nolu adım)	26	0	1200	401,54	6,69
Ultrason Kayıt Süresi (26 nolu adım)	28	46	230	98,29	1,64
Ultrason Sekreterliğinden Ultrason Odasına Ulaşım (27 nolu adım) Mesafesi (18 adım)	16	15	60	33,56	0,56
Ultrason Bekleme Süresi (27 nolu adım)	37	240	5940	1963,78	32,73
Ultrason İşlem Süresi (28 nolu adım)	39	240	1680	949,23	15,82
Ultrason Raporu Teslim Süresi (29 nolu adım)	10	60	660	253,33	4,22
Ultrason Odasından Lab. Sekreterliğine Ulaşım (30 nolu adım) Ulaşım Mesafesi (60 adım)				35	0,59
Laboratuvar Sonuç Verme Süresi (30 nolu adım)	1761	240	8520	2803	46,72
Laboratuvar Sekreterliğinden Sonuç Almak İçin Bekleme Süresi (30 nolu adım)	80	0	420	61,79	1,03
Laboratuvar Sekreterliğinden Sonuç Alma Süresi (30 nolu adım)	125	15	270	59,29	0,99
Sonuç Gösterme Bekleme Süresi (31 nolu adım)	39	0	7680	1229,23	20,49
Sonuç Gösterme Süresi (31 nolu adım)	56	60	660	320,36	5,34
Laboratuvar Sekreterliğinden -1. Kat Kadın Hastalıkları ve Doğum Pol. Ulaşım Mesafesi (192 adım)				127	2,12
-1. Kat Kadın Hastalıkları ve Doğum Pol. Hastane Çıkışına Ulaşım Mesafesi (115 adım)				85	1,41

4.3. Mevcut Durum Değer Akış Haritası

Gemba gözlemi ile elde edilen veriler bir önceki bölümde Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'teki hastaların hastane içerisindeki hareketlerini ifade eden spagetti diyagramlarında; hastaların aldığı sağlık hizmeti süreçlerinde geçirilen zamanlar ise Tablo 6, Tablo 7, Tablo 8 ve Tablo 9'da aktarılmıştır. Süreçlerin her birinde geçirilen süreler, işlem adımları, bilgi akışlarının tek seferde özet bir şekilde ifade edilebilmesi için Şekil 5'te yer alan mevcut durum değer akış haritası çizilmiştir.

DAH'da seçilen ürün ailesindeki faaliyetler için geçirilmesi gereken süreler CT ile, beklemelemlerden oluşan değer katmayan süreler WT ile, süreç adımı toplam geçirilmesi gereken süre ise LT şeklinde ifade edilmiştir. DAH'da belirtilen yönlendirme ve birimler arası ulaşımında geçirilen süreler ise ayrıca belirtilmiş olup sürecin genel toplamına dahil edilerek hesaplamaya katılmıştır. Buna göre hastanın hastaneye başvurmasından ayrılışına kadar toplam geçirdiği 302,45 dk.'lık sürenin yalnızca 131,68 dk.'sı değer katmakta olup kalan 170,77 dk.'sının 162,32 dk.'sı beklemelemlerle geçen, 8,43 dk.'sı ise birimler arasında ulaşım için geçen değer katmayan sürelerden oluştuğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuca göre mevcut durumda hastaya hastanede geçirdiği toplam sürenin yalnızca %43,54'ünün değer kattığını, %56,46'sının ise değer katmadığını ifade etmek mümkündür.

4.3.1. Mevcut Durum Değer Akış Haritasının Değerlendirilmesi, İyileştirme Önerileri

Mevcut durum DAH'da yer aldığı üzere gözlem notlarından yola çıkılarak süreçlerde tespit edilen problemler, israf türleri ve israf oranları Tablo 10'da ifade edilmektedir. Tabloda tespit edilen problemlerin ait oldukları ve etki ettikleri süreçler numaralandırılarak kaizen patlaması şeklinde ilgili süreçlerin yanlarına eklenerek Şekil 6'da belirtilmiştir.

Mevcut durumda yer alan israfların iyileştirilebilmesi için sunulan öneriler, Tablo 10'daki numaralandırılan problemlere göre şu şekildedir:

1 numaralı problem için öneriler:

- 1. katta bulunan kullanılmayan bankonun devreye sokularak her iki poliklinik katında da hasta kaydının yapılarak muayene kayıt bekleme süreleri azaltılmalıdır.
- HBYS'ye zorunda kalmadıkça mesai saatleri içerisinde herhangi bir müdahalede bulunulmamalı, gerekli hallerde ise hasta yoğunluğunun genellikle az olduğu zamanlara planlanmalıdır.
- Bilgi işlem ve kalite birimi iş birliğinde genel onam formları biçimsel anlamda revize edilerek A4 boyutundan A5 kâğıt boyutuna göre düzenlenmelidir.
- HBYS'nin etkin kullanılarak hastanın isteği dışında eline tetkik listesi verilmemeli ve sistemdeki bilgiler, hekim odasındaki bilgisayardan görülebilmelidir.

2 ve 3 numaralı problemler için öneriler:

- Kayıt bankosundaki sekreterlere anlaşmalı kurumlar ile ilgili eğitim verilerek her bankodan kayıt açar hale getirilmeli veya kayıt bankosunun etrafında bu işlemlerin gerçekleştirildiği birime doğru yönlendirici bir duyuru asılmalıdır.

4 numaralı problem için öneriler:

- Hekimler, muayene odalarına hasta yoğunluklarına göre dengeli bir şekilde yerleştirilmelidir.
- 1. kattaki âtil olan bekleme salonunun etkinleştirilerek katlar arasındaki kullanım alanları dengelenmelidir.

5 numaralı problem için öneriler:

- Randevulu hastaların zamanında muayeneye alınması için hasta çağrı ekranları, muayene odalarının dışına yerleştirilmelidir.
- Hastanın muayene öncesinde NST testine girerek tek seferde muayene ve sonuç gösterme işleminin tamamlanması için hastane hekimlerinin fikir birliğine göre gebeliğin belirli bir haftasına gelmiş olan her hasta için HBYS'de muayene kayıt esnasında bir uyarı yansıtılmalı, sekretere NST kaydı yapması gerekliliği hatırlatılmalıdır.

6 numaralı problem için öneriler:

- Laboratuvar testleri için kayıt işlemleri, her poliklinik bankosundan gerçekleştirilmelidir.

7 numaralı problem için öneriler:

- Tetkikler için ödeme ve barkod alma işlemleri aynı yerde eş zamanlı gerçekleştirilmelidir.

8 numaralı problem için öneriler:

- Kan alma birimindeki hasta çağırma sisteminin aktif kullanımı için hizmet içi eğitim kapsamında bir bilinçlendirme çalışması gerçekleştirilmeli, süreç standartlaştırılmalıdır.

9 numaralı problem için öneriler:

- İdrar numunelerinin laboratuvara iletilmesi için laboratuvar dışından içine açılabilen bir çekmece mevcuttur. Benzer uygulamanın kan alma biriminden laboratuvar arasına açılması veya pnömatik tüp taşıma sisteminin kurulması önerilmektedir.

10 numaralı problem için öneriler:

- Laboratuvar ve ultrason birimi arasındaki koridora ultrason, kan alma ve laboratuvar sekreterliğine doğru yönlendirme işaret ve tabelası konumlandırılmalıdır.
- Ultrason görüntüleme isteği yapılırken hastalara hekim ya da hasta danışmanı tarafından işlem sıralaması ve ön hazırlıklar için gerekli bilgilerin bulunduğu ve seçmeli olarak işaretlenebilen minik bir yönlendirme kartı verilmelidir.

11 ve 12 numaralı problem için öneriler:

- Sms bilgilendirme sisteminin sağlıklı bir şekilde kullanılabilmesi için en son çıkacak testin referans alınarak sms gönderilmesi konusunda bir planlama yapılmalı, çalışanlarla paylaşılarak geri bildirimlerle desteklenmelidir.
- Hastaların web sitesinden laboratuvar sonuç bilgilerine ulaşabilecekleri ile ilgili kurum içinde bir bilgilendirme panosu veya afişinin asılarak görsel bir duyuru ile gerekli bilgilendirme sağlanmalıdır.
- Laboratuvar sonuç verme sürelerine dair standartlaştırılmış tablo, sekreterliğin yakınına konumlandırılmalıdır.
- HBYS ile entegre bir şekilde çalışacak barkod okuyucu, laboratuvar sekreterliğinin yakınında bir duvara sabitlenmelidir. Aynı zamanda hastalara verilen sonuç saat bilgisinin bulunduğu karta bir barkod yerleştirilerek, kartın bu cihaza okutulmasıyla laboratuvar sonucunun hazır olup olmadığına dair bilgilendirme gerçekleştirilebilir.

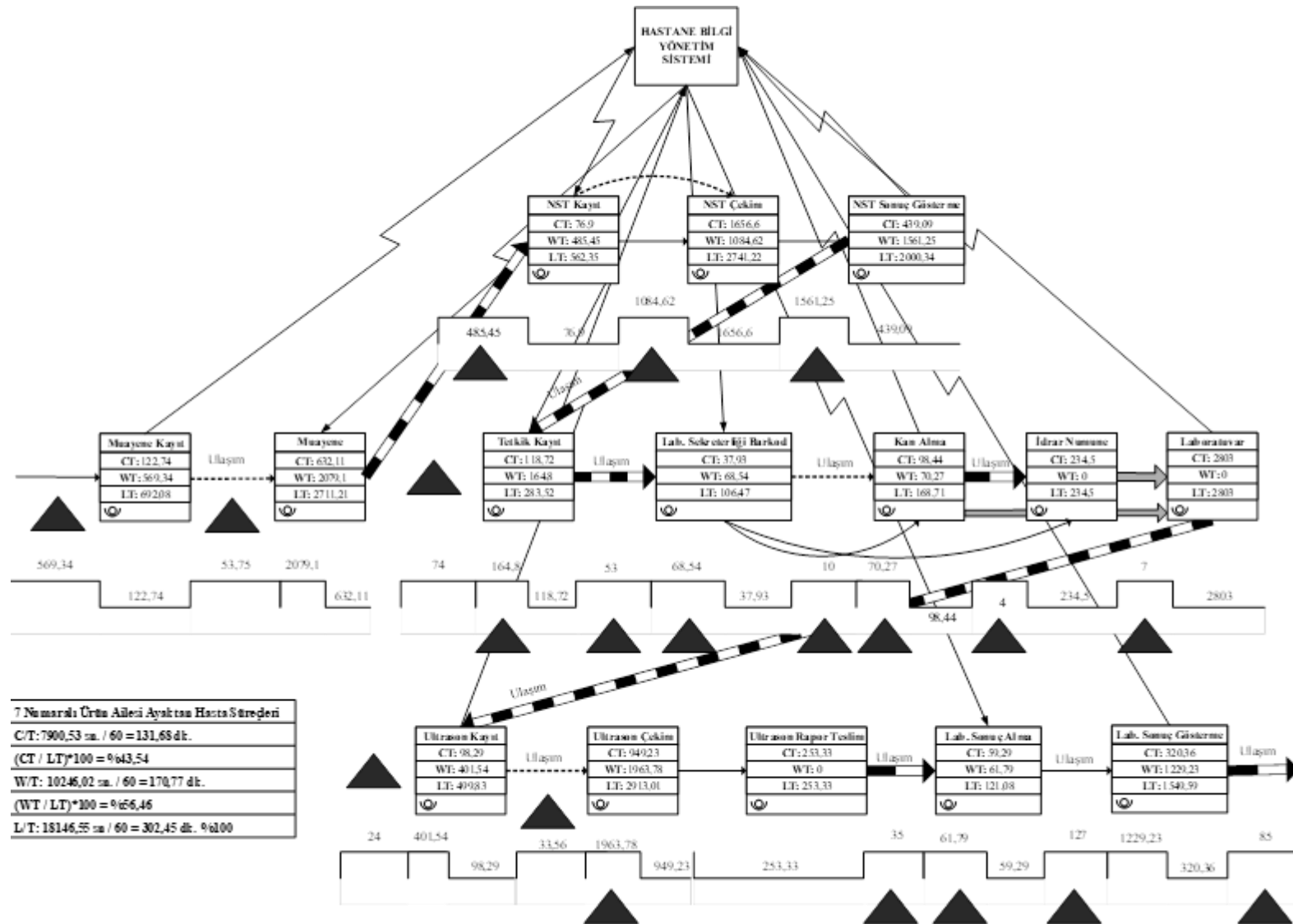
13 numaralı problem için öneriler:

- Laboratuvar sekreterliğinde görev yapan personellerin kendi aralarında yaptıkları görev dağılımına uygun bir şekilde "barkod alma" ve "sonuç verme" gibi banko önünde bilgilendirici tabela bulundurulması veya personellerin her ikisine de optimum yeterlilikte ekipmanlar sağlanmalıdır.
- Laboratuvar sekreterliği ile hasta bölümü arasındaki koruyucu bariyer, iletişim ve çalışma kalitesi göz önünde bulundurularak daha çok ses geçiren bir malzemeden yapılmalı veya bir mikrofon düzeneği kurulmalıdır.
- Tetkikleri için ödeme yapan hastaların HBYS'de renkli bir şekilde belirtilerek kontrol işlemleri, görsel yönetim ile hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmeli veya tetkikler için ödemenin gerçekleştirildiği bankoda barkod verme adımı tamamlanmalıdır.

4.4. Gelecek Durum Değer Akış Haritası

Şekil 7'de kaizen patlaması ile iyileştirmelerin hangi süreç aşamalarında yapılabileceği ifade edilerek, bahsi geçen önerilerin uygulanmış olduğu varsayımıyla Şekil 8'de gelecek durum DAH'ı çizilmiştir. Gelecek durum DAH'da ulaşılacak istenen hizmet sunum süreci belirtilmiş olup yapılan iyileştirme önerilerinin uygulanması halinde elde edilebilecek kazanımlar mevcut durum ile karşılaştırılarak Tablo 11'de özetlenmiştir. Ayrıca gelecek durumda hastaların kurum içerisindeki adımlarını betimlemek için gelecek durum spagetti diyagramları Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10'daki gibi çizilmiştir.

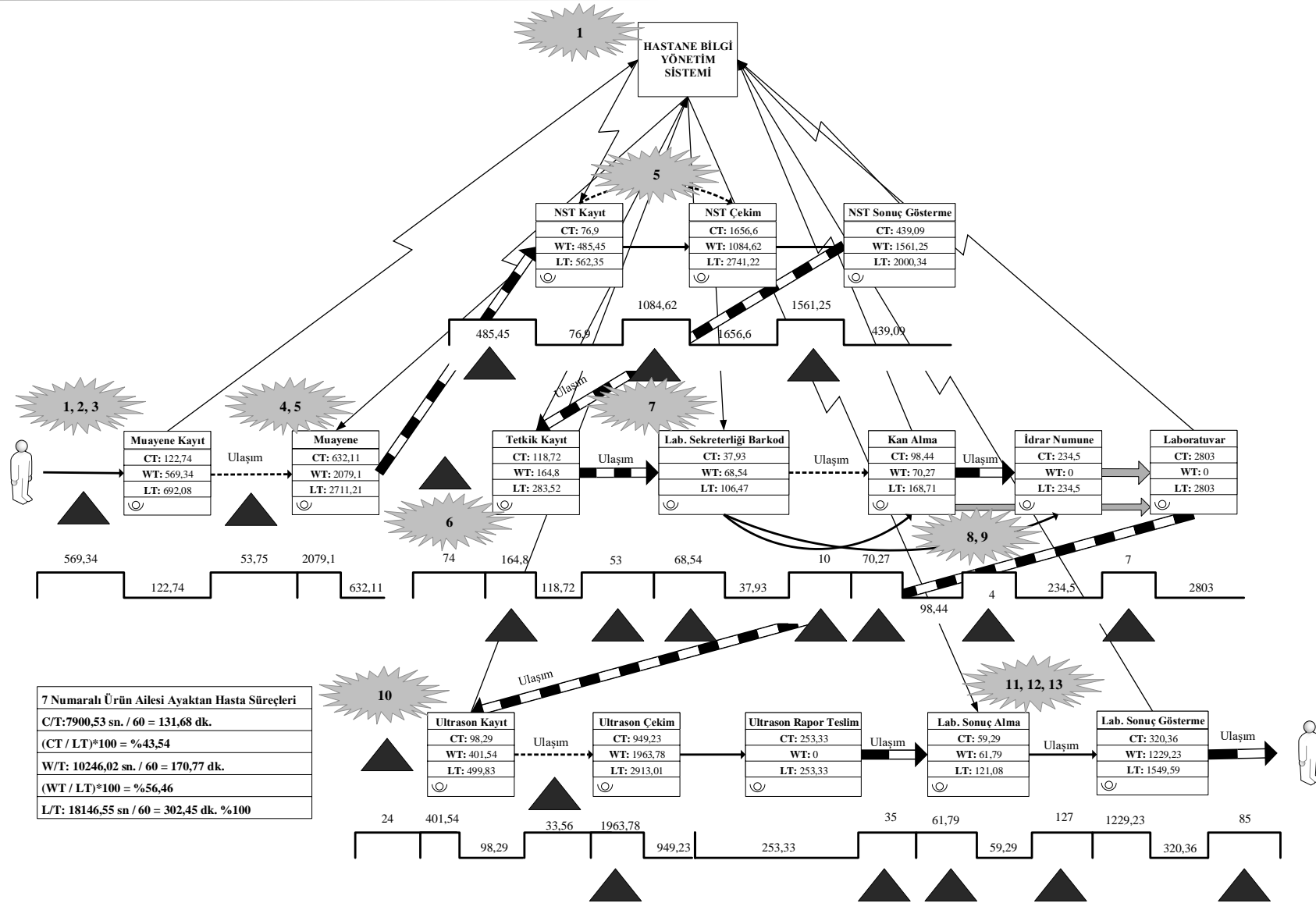
Gelecek durum DAH'da, hastanın hastaneye başvurmasından ayrılışına kadar toplam geçirdiği 249,86 dk.'lık sürenin 124,36 dk.'sı değer katmakta olup kalan 125,5 dk.'sının 118,47 dk.'sı beklemeyle geçen, 7,03 dk.'sı ise birimler arasında ulaşım için geçen değer katmayan sürelerden oluştuğu tespit edilmiştir. Ulaşılan sonuca göre gelecek durumda hastaya hastanede geçirdiği toplam sürenin %49,77'sinin değer kattığını, %50,23'ünün ise değer katmadığı tespit edilmiştir.



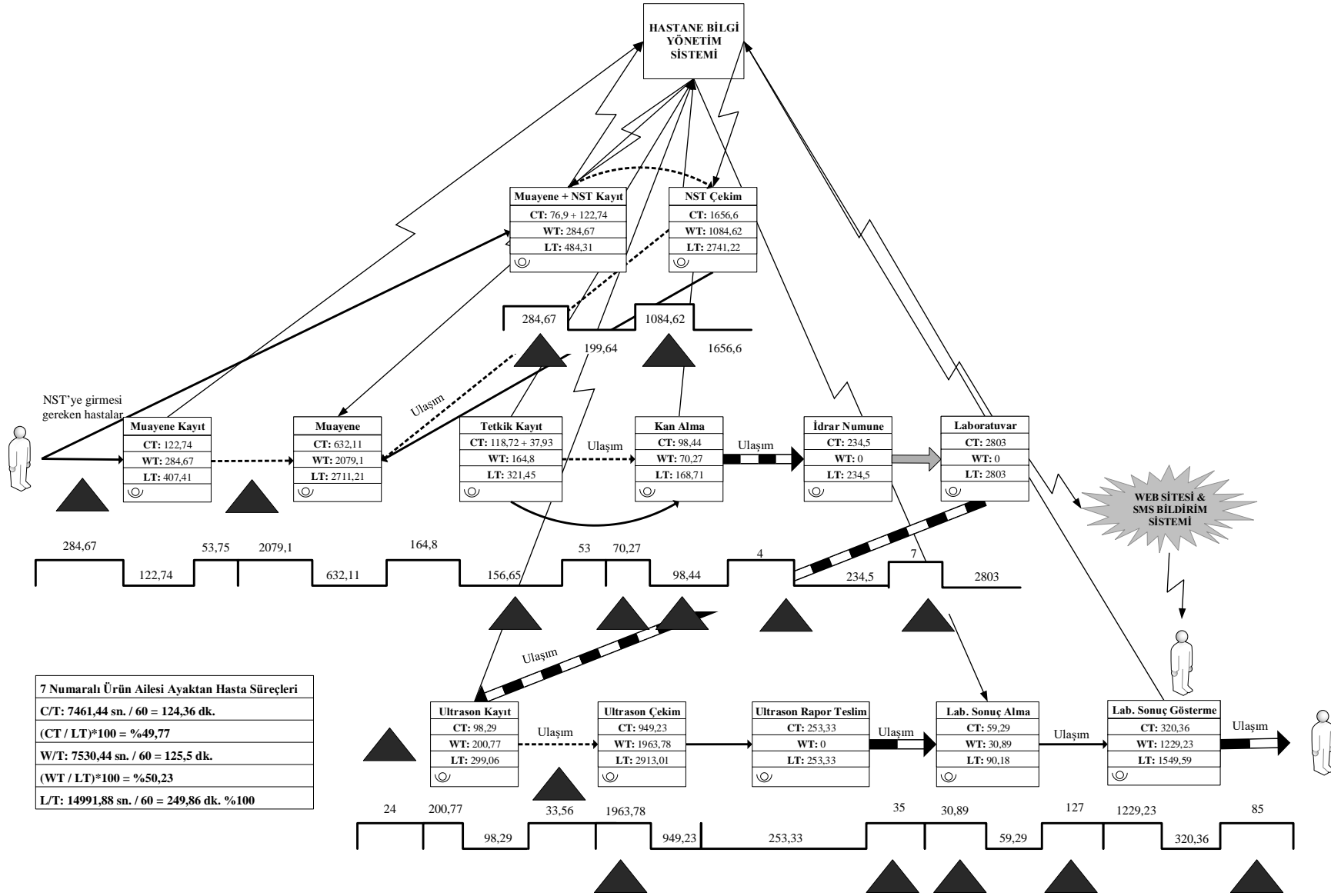
Şekil 5. Kadın Hastalıkları ve Doğum Polikliniği sağlık hizmeti süreçlerinin mevcut durum değer akış haritası

Tablo 10. Mevcut durum haritasında tespit edilen problemler

No	Problem	İsraf Türü	İsraf Oranı $[(WT + ulaşım) / LT] \times 100$
1	Muayene kayıt sürecindeki bekleme süresi, toplam işlem süresinin %82'sini oluşturmaktadır. HBYS sisteminde günde birkaç kez arıza yaşanmaktadır.	Bekleme Bekleme	$(569,34 / 692,08) \times 100 = \%82$
	Poliklinik kaydında imzalatılan onam formları ve KVKK aydınlatma metinlerinin biçimsel düzeni sebebiyle ve NST, laboratuvar, ultrason için kullanılan tetkik istem formları için gereksizce harcanan A4 kağıtları ve arşivleme işlemi.	Gereğinden Fazla İşlem Stok	$(3700 \times 2) + 877 + 617 + 167 = 9061$ $9061 \times 0,042 = 380,56$ TL
2	Tamamlayıcı ve özel sağlık sigortası bulunan hastalar için kayıt bankosunda herhangi bir yönlendirme duyurusu bulunmamaktadır.	Bekleme	
3	Tamamlayıcı ve özel sigortalı hastaların kayıtları sadece özel sigortalar biriminden açılmakta ve hastalar, diğer hastalara göre %55 daha beklemektedirler.	Bekleme Yetenek	
4	Zemin kat ve -1. katta yer alan kadın hastalıkları ve doğum polikliniklerinde hasta bekleme alanlarındaki doluluk, homojen dağılmamakta, zemin kat poliklinikteki hasta bekleme alanları yetersiz kalmaktadır.	Bekleme	
5	Muayene için bekleme süresi, muayene olma süresinin yaklaşık olarak 3,5 katıdır.	Bekleme	$[(2079,1 + 53,75) / 2711,21] \times 100$ $= (2132,85 / 2711,21) \times 100 = \% 78,67$
	NST'ye muayeneden önce girmesi gereken hastalara muayene sırası geldiğinde bilgi verilmektedir. Böylece muayene sıralarını kaybeden hastalar, muayene olmak için daha fazla beklemektedirler.	Bekleme	Sürecin tamamlanması için gerekli işlem adım sayısı 16'dır.
6	Poliklinik kayıt bankosunda tetkik kayıtlarının teknik olarak yapılabilmesine rağmen hastalar, yoğunluktan ötürü zemin katta yer alan kayıt bankosuna yönlendirilmektedirler.	Gereksiz Hareket Bekleme	$[(164,8 + 74) / 283,52] \times 100$ $= (238,8 / 283,52) \times 100$ $= \%84$
7	Hastalar laboratuvar testleri için istenen barkodu almak üzere farklı bir birime daha yönlendirilerek gereğinden fazla işlem adımından geçmektedir.	Bekleme Gereksiz Hareket	$(68,54+53) / 159,47 \times 100 = (121,54 / 159,47) \times 100 = \%76,21$
8	Kan alma birimine hasta çağırmak için var olan sistem etkin kullanılmamaktadır.	Gereksiz Hareket	
9	Kan alma biriminde alınan numunelerin hemşireler tarafından laboratuvara transfer edilmesi ile çalışanlara iş yükü oluşturmaması.	Yetenek	
10	Ultrason kayıt işlemi için bekleme süresi, ultrason kayıt işleminin yaklaşık olarak 4 katıdır.	Bekleme Yetenek	$[(24+401,54) / 499,83] \times 100$ $(425,54 / 499,83) \times 100 = \%85,14$
11	Laboratuvar tetkik sonucunun çıkmış olduğuna dair bilginin hastalar tarafından sıkça sorgulanarak laboratuvar sekreterliğinin gereksizce meşgul edilmesi.	Yetenek	
12	Laboratuvar sonuçlarının çıktığına dair hazırlanmış olan sms ile hasta bilgilendirme sistemi etkin bir şekilde kullanılmamaktadır.	Bekleme Gereksiz Hareket	
13	Laboratuvar sekreterliğindeki bankaların ihtiyaca, göreve ve talebe uygun bir şekilde düzenlenmemiş olması. Uygun ekipman ve donanım (ses yalıtımı, yapılan işlemlere uygun yönlendirme tabelası) ile ilgili eksikliklerin bulunması.	Gereksiz İşlem	



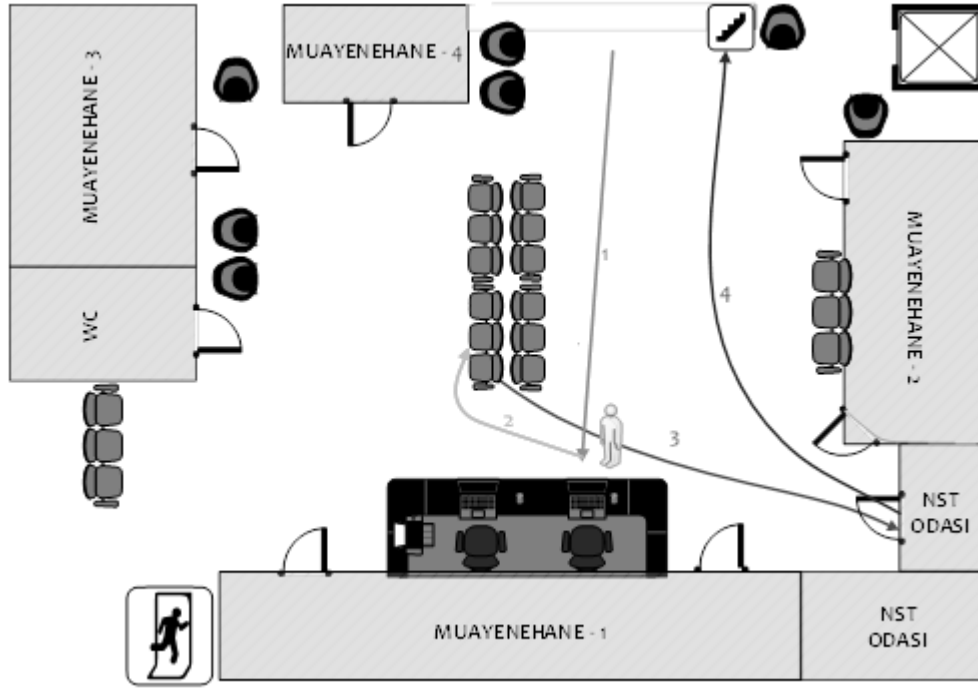
Şekil 6. Kadın Hastalıkları ve Doğum Polikliniği sağlık hizmeti süreçlerinin kaizen noktalı değer akış haritası



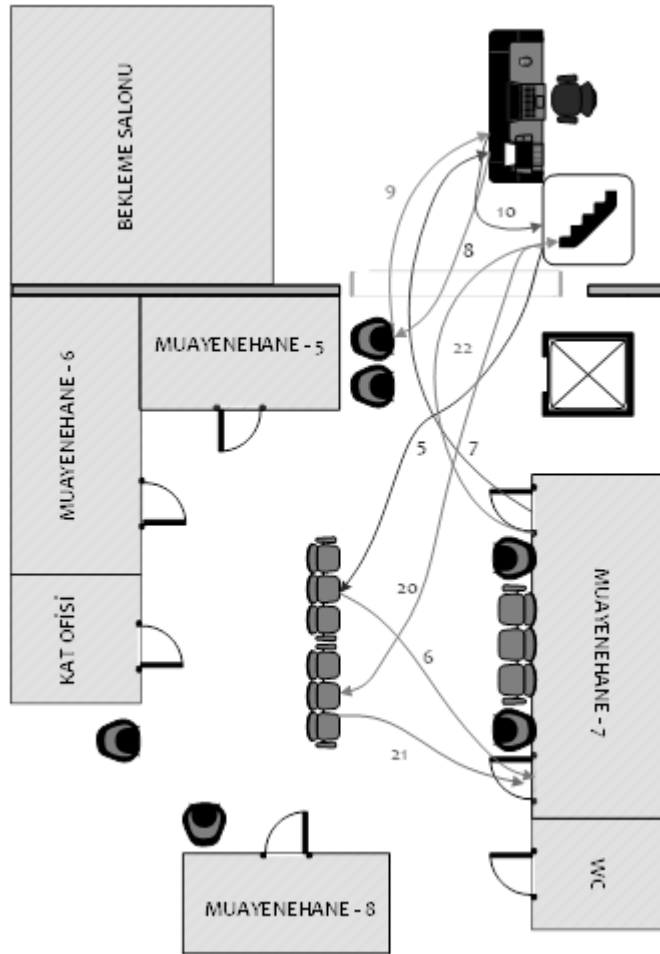
Şekil 7. Kadın Hastalıkları ve Doğum Polikliniği sağlık hizmeti süreçlerinin gelecek durum değer akış haritası

Tablo 11. İyileştirmeler sonucu kazanım öngörülere

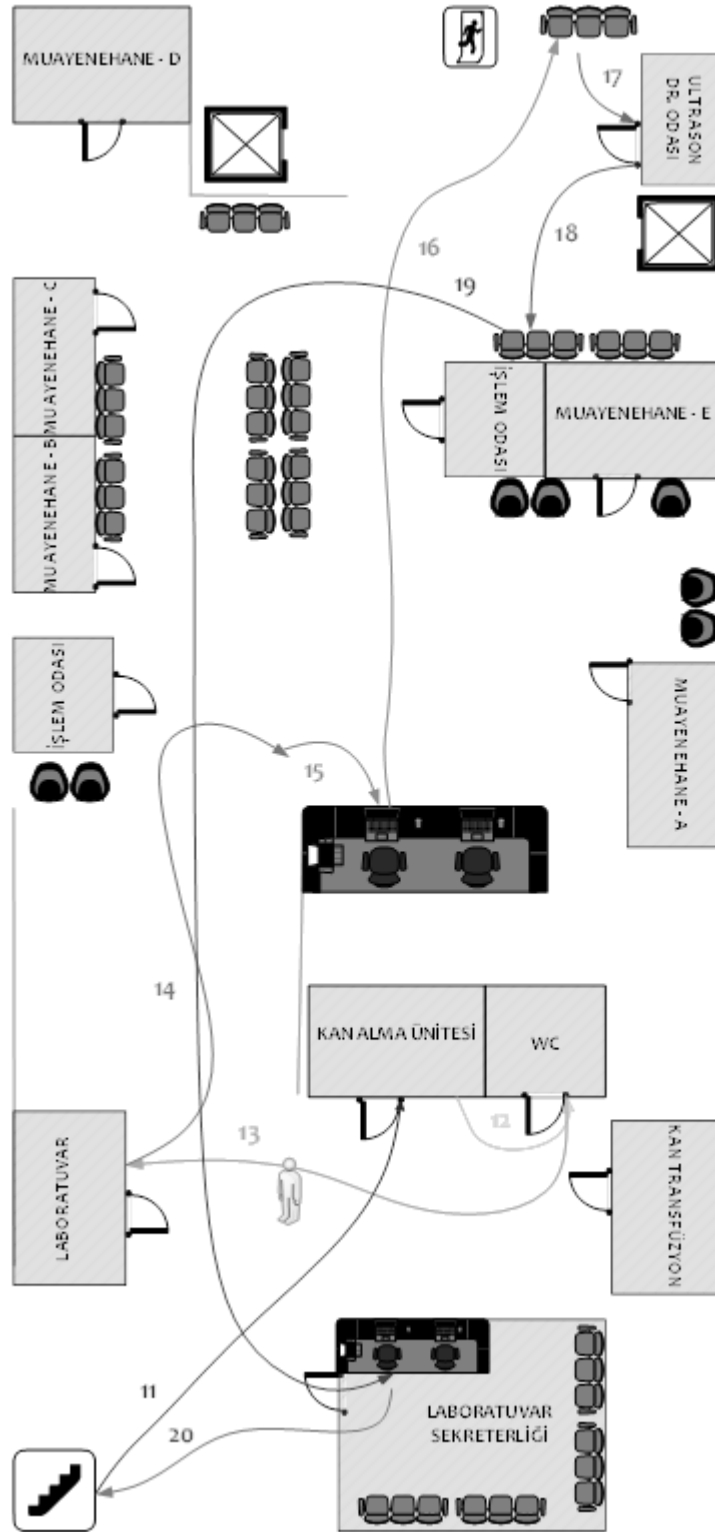
No	Problem Açıklaması	Mevcut Durum	Gelecek Durum	Kazanım Öngörüsü
1	Muayene Kayıt Bekleme Süresi	569,34 sn.	284,67 sn.	%50 iyileşme
	HBYS Kesintileri	Kesintiler Sıklıkla Olmakta	Kesintilerin ortadan kaldırılması	
	Kâğıt tüketim miktarı	9.061	7.400	%18,34
	Kâğıt tüketim maliyeti	380,56 TL	85,1 TL	%77,64
2,3	Anlaşmalı kurum hasta kayıtlarının tek bir yerden yapılıyor olması	Diğer hastalara göre %55 daha fazla bekleme israfı bulunmaktadır	Her bankodan kayıt açılabilmesi veya etkili yönlendirme	Hasta ve çalışanın gereksiz hareket israfının önlenmesi
4	Katlar arasındaki hasta yoğunluğunun dengesiz dağılımı ve bekleme alanlarının yetersizliği	Zemin kat 1749, -1. kat 1.933 hasta başvurusu	Zemin kat 1862, -1. kat 1.820 hasta başvurusu	Zemin kat %6,5 artış -1. kat %5,8 azalış ile dengeleme
5	Muayene bekleme süresinin içinde NST'ye muayeneden önce girmesi gerekip girmeyen hastaların da bulunması	%78,67 bekleme israfı NST ve muayene için toplam 15 işlem adımı CT/LT: %33,42 & WT/LT: %66,58	NST ve muayene için toplam 8 işlem adımı CT/LT: %41,92 & WT/LT: %58,08	7 işlem adımında %32,24 oranında toplam 47 dk. kazanım. %8,5 katma değer sağlanması
6	Tetkik kayıtları için hastaların farklı bankoya yönlendirilmesi	Tetkik kayıt sürecinde %84 oranında israf ve 74 sn. ulaşım için gereksiz hareket israfı	Her bankodan tetkik kaydının gerçekleştirilebilmesi	74 sn. ulaşım israfının elimine edilmesi
7	Tetkikler için istenen barkodun laboratuvar sekreterliğinden verilmesi	53 sn. ulaşım için gereksiz hareket ve 68,54 sn. bekleme israfı	Ulaşım ve bekleme israfları elimine edilmiştir	%100 iyileşme
8	Kan alma birimindeki hasta çağrı sisteminin etkin kullanılmaması	Kan alma birimi önünde oluşturulan bekleme sıraları	Çağrı sisteminin etkinleştirilmesi ile bekleme sıralarının ortadan kaldırılması	Bekleyen hastaların daha konforlu bir şekilde bekletilmeleri, hasta memnuniyeti
9	Kan alma birimindeki numunelerin hemşireler tarafından laboratuvara transfer edilmesi	Numunelerin düşme ve kırılma riski bulunmaktadır	Önerilen sistem ile numunelerin tam zamanlı ve güvenli transferinin sağlanması	Gereksiz hareket israflarının ve risklerin ortadan kaldırılması
10	Ultrason kayıt işlemi için bekleme süresi, ultrason kayıt işleminin yaklaşık olarak 4 katıdır	Ultrason kayıt sürecinin %81,24'ü değer katmamaktadır	Ultrason kayıt için bekleme süresinin 200,77 sn. ye indirilmesi	Bekleme süresindeki %50 iyileşme ile değer katmayan sürenin %69,58'e düşürülmesi
11	Laboratuvar sekreterliğinin test ve sonuçlarının çıkıp çıkmadığına dair sorularla sıklıkla bölünmeleri	Test sonuçlarının bildirilmesi için var olan web sitesi ve sms bilgilendirme sistemi etkin bir şekilde kullanılmamaktadır	Test sonuç kartlarının hastalar tarafından ortak bir barkod okuyucudan öğrenilmesi ve dijital bilgilendirmenin etkin bir şekilde kullanılması	Laboratuvar sekreterliğinin bölünmelerinin ortadan kaldırılarak yetenek israfının elimine edilmesi
12	Laboratuvar sekreterliğindeki bankaların ihtiyaca, göreve ve talebe uygun bir şekilde düzenlenmemiş olması	Laboratuvar sekreterliğinin tasarımı ses iletmemektedir. Ekipmanlar ve yönlendirme tabelaları kullanıma uygun yeterlilikte değildir	Ses iletiminin sağlanarak daha sağlıklı bir çalışma ve iletişim ortamında iş bölümü yapılarak hasta yoğunluklarının paylaşılması	Laboratuvar sonuç alma bekleme süresinin 61,79 sn.'den 30,89'a indirilerek. Bekleme süresinin en az %50 oranında azaltılması



Şekil 8. Gelecek durum zemin kat kadın hastalıkları ve doğum polikliniği spagetti diyagramı



Şekil 9. Gelecek durum -1. kat kadın hastalıkları ve doğum polikliniği spagetti diyagramı



Şekil 10. Gelecek durum -1. kat laboratuvar ve ultrason alanında geçirilen süreçlerin spagetti diyagramı

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

BFT hastanesinin KHD polikliniğinde gerçekleştirilen yalın yönetim uygulama örneğinde hastalara, hastane çalışanlarına ve yönetime birtakım katkılar sağlanmıştır. Ancak çalışmanın kısıtlılıklarından ötürü hastane yönetimine sunulan iyileştirme önerilerinin kazanımları ancak öngörü niteliğindedir. Çalışma kısıtlılıklarından kasıt; önerilerin uygulanması için yönetim karar mekanizmasının işletilmesi, birtakım yatırım maliyetlerine katlanması, yalın yönetimin uygulanabilmesi için yönetime ve çalışanlara uygun eğitim planlamasının oluşturulması ve kurum kültüründe değişime gidilmesi gibi faaliyetlerin çalışmanın yapıldığı süre zarfında tamamlanması mümkün değildir. Bu çalışma ile küçük adımlarla hasta bazında yapılan saniyelik iyileştirmelerin adeta bir kar topu etkisiyle toplamda ne kadar fayda sağlayacağı ortaya konmuştur. İyileştirme önerilerinin gerçekleştirilmiş olduğu kabulünden hareketle hastanenin, hastaların ve çalışanların kazanımlarını şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Muayene kaydı için hastaların bekleme sürelerinin %50 oranında azaltılması,
- Mesai saatleri içerisinde HBYS kaynaklı kesintilerin ortadan kaldırılarak arıza nedenli bekleme sürelerinin elimine edilmesi,
- A4 kâğıt tüketim miktarının %18,34, tüketim maliyetinin %77,64 oranında düşürülmesi,
- Anlaşmalı kurum hastaları için kayıt bankalarında çalışan hasta danışmanlarının gereksiz hareket israflarının yok edilmesi,
- Hekimlerin başvuru yoğunluklarına göre iki poliklinik katı arasında dengeli bir yerleşim planı ile zemin kat polikliniğindeki hasta yoğunluğunda %6,5 artış, -1. kat polikliniğindeki hasta yoğunluğunda ise %5,8 oranında azalış sağlanması,
- Katlar arası hasta yoğunluğunun dengelenmesi sonucunda hasta bekleme alanlarının daha verimli bir şekilde kullanımının sağlanarak ayakta beklemek durumunda olan gebe hastalara daha konforlu bir bekleme alanının sunulması ile hasta memnuniyetinin artması,
- NST'ye girecek olan hastaların işlem adımı bazında %32,24, toplam geçirilen sürenin 47 dk. kısaltılarak değer katmayan sürenin %8,5 azaltılmasıyla gereksiz hasta sirkülasyonunun önlenerek NST odalarının daha verimli kullanılmasının sağlanması,
- Tetkik kayıtlarının her bankodan yapılmasının sağlanarak hastanın farklı bankolara yönlendirilmesinden kaynaklı olarak maruz kaldığı 74 sn.'lik ulaşım israfının ortadan kaldırılması,
- Tetkik barkodlarının kayıt işlemi gerçekleştirilen bankolardan verilmesiyle 53 sn.'lik ulaşımda geçen gereksiz hareket ve 68,54 sn.'lik bekleme israfının elimine edilmesiyle barkod bekleme adımında %100 iyileşme sağlanması,
- Kan alma birimindeki çağrı sisteminin etkinleştirilerek bekleyen hastaların sıralarını kaçırmadan daha konforlu bir şekilde hasta bekleme salonunda beklemelerinin sağlanması ve bunun sonucunda koridorlardaki gereksiz hasta kuyruklarının önlenerek diğer hastalar için ulaşımın kolaylaştırılması,
- Hastalardan alınan kan numunelerinin laboratuvara transfer biçiminde gerçekleştirilen değişim ile çalışanların gereksiz hareket israflarının ortadan kaldırılması ve aynı zamanda numunelerin olası risklerden korunması,
- Ultrason sekreterliğinin gereksiz bölünmelerinin engellenmesiyle %81,24 oranında değer katmayan işlem süresinin %69,58'e düşürülerek, %11,66 oranında kazanım sağlanması,
- Laboratuvar sekreterliğinin gereksiz bölünmelerinin ortadan kaldırılmasıyla yetenek israfının elimine edilmesi, hastane imajına ve hasta memnuniyetine olumlu yönde katkı sağlanması,
- Laboratuvar sekreterliğinin ihtiyaca ve kullanıma uygun bir yeterlilikte olacak şekilde donanımsal ve fiziki şartlarının iyileştirilmesi ve etkili bir yönlendirme sistemi ile hasta ve çalışanlara daha sağlıklı bir iletişim ortamının sunulması dolayısıyla hasta ve çalışan memnuniyetine olumlu yansımaları,
- Hastaların laboratuvardan sonuç almak için geçirdikleri bekleme süresinin %50 iyileştirilerek zaman tasarrufu sağlanması,
- Hastaların hastaneye başvurmasıyla başlayıp hastaneden ayrılmasına kadar geçirmek durumunda oldukları 31 işlem adımının 22 işlem adımına düşürülerek %29,03 oranında iyileşme sağlanması,
- Hastaların hastanede geçirdikleri toplam sürenin 302,45 dk.'dan 249,86 dk.'ya düşürülmesiyle hasta başına 52,59 dk. zaman tasarrufu sağlanarak %17,39 oranında kazanım elde edilmesi,
- Hastanenin hastalara değer katma oranının %43,54'ten %49,77'ye çıkarılarak %4,23 oranında değer kazanımı,
- Hastalara değer katmayan sürelerin toplam hastanede geçirilen süreye oranının %56,46'dan %50,23'e düşürülerek toplamda %6,23 oranında değer katmayan zamanda iyileştirme sağlanması.

Sağlık hizmeti sunum süreçlerinin birbirine olan zincirleme etkisi sebebiyle yukarıda sıralanan kazanımlar tek açıdan değerlendirilmemelidir. Hastaların hastanede geçirdikleri sürenin kısaltılması ile

hastane, kapasitesini daha verimli bir şekilde kullanarak daha fazla hasta kabulü gerçekleştirebilecek ve buna bağlı olarak daha fazla gelir elde edecektir. Diğer yandan hastaların süreçlerde birimler arası daha az yönlendirilmeleri ve bekletilmeleri hasta memnuniyetine olumlu bir şekilde yansiyarak hastanın hastaneden aldığı hizmetten memnun olarak ayrılması ve yakınlarına da önermesiyle ağızdan ağıza pazarlamaya hizmet edecektir. Böylece hastane faaliyet gösterdiği lokasyondaki imajını koruyarak herhangi bir maliyete katlanmaksızın hasta sadakatine yatırımında bulunmuş olacaktır. Hastaların hastanede bulunma sürelerinin kısaltılması aynı zamanda hastaların çeşitli enfeksiyonlara ve koronavirüse maruziyet riskini azaltarak hasta güvenliğine katkı sağlayacaktır.

Ülkemizde yalın yönetimin uygulanması ve yaygınlaştırılması karşısındaki en büyük engelin, yeterince tanınmaması olduğu düşünülmektedir. Yalın yönetimin sağlık sektörüne doğru bir şekilde tanıtılmasında ihtiyaç duyulan nitelikli insan gücünün yetiştirilebilmesi için eğitim sisteminde birtakım değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Sağlık çalışanlarının ve sağlık yöneticilerinin eğitim programlarına kalite ve yalın yönetim derslerinin eklenmesi, multidisipliner bir iş birliği temellerinin atılmasındaki ilk adım olmalıdır. Sağlık sektörüne hâkim, yalın yönetim konusunda yetkin ve kalifiye yöneticilerle Türkiye'nin geleceğinde yalın sağlığın geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması mümkündür.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Buse Fidan Türkön: Literatür taraması, Veri Derleme, Analiz, Modelleme, Makale Yazımı-rijinal taslak
Aynur Toraman: Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme
Buse Fidan Türkön: Literatür review, Data Curation, Analysis, Modelling, Writing-original draft
Aynur Toraman Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Bu çalışma için Süleyman Demirel Üniversitesi Etik Kurulu'nun 25.03.2021 tarihli ve 105/16 numaralı kararı ile onay alınmıştır.
For this study, the approval of the Ethics Committee (Suleyman Demirel University) was obtained with the decision dated 25.03.2021 and numbered 105/16.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Aslantaş Ateş, B., ve Toraman, A. (2016). "3. Basamak Bir Hastanenin Eczanesinde Yalın Tedarik Zinciri Uygulaması", *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, CİEP Özel Sayısı, 457-469.
- Barnas, K. (2011). "ThedaCare's Business Performance System: Sustaining Continuous Daily Improvement Through Hospital Management in a Lean Environment", *The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, 37(9), 387-AP8. doi:10.1016/s1553-7250(11)37049-3
- Bogdan, R. C. ve Biklen, S. K. (2007). "Qualitative Research for Education: An Introduction to Theory and Methods, Fifth Edition", Pearson A&B, USA.
- Brandao de Souza, L. (2009). "Trends and Approaches in Lean Healthcare", *Leadership in Health Services*, 22(2), 121-139. <https://doi.org/10.1108/17511870910953788>
- Cambridge University Press., (2020), "Cambridge Dictionary", <https://dictionary.cambridge.org/tr/s%C3%B6zl%C3%BCk/ingilizce/lean>, (Erişim Tarihi: 26.12.2020).
- Çilhoroz, Y. ve Arslan, İ. (2018). "Yalın Yönetim Yaklaşımı ve Sağlık Hizmetlerinde Uygulamaları", *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(32), 156-185.
- Dağcı, A. ve Aslan, E. (2020). "Sağlık Sektöründe Yalın Üretim Uygulaması: Tokat İlinde Bir Devlet Hastanesi Örneği", *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 23(4), 623-638.
- Döğür, M. (2016). "Değer Akış Haritalama ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulaması" Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Efe, Ö. F. ve Engin, O. (2012). "Yalın Hizmet - Değer Akış Haritalama ve Bir Acil Serviste Uygulama", *Verimlilik Dergisi*, 4, 79-107.
- Farris, D. (2009). "Leading the Way with Lean", <http://www.averadvantage.org/app/files/public/5658/pdf-mckennan-leading-the-way-with-lean-update.pdf> (Erişim Tarihi: 26.02.2021).
- Feld, W.M. (2001). "Lean Manufacturing Tools, Techniques and How to Use Them", The CRC Press Series on Resource Management, USA.
- Grabam, M. (2018), "Yalın Hastane", Çev. Pınar Şengözer, Optimist Yayınları, İstanbul.
- Gürbüz, S. ve Şahin, F. (2018). "Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri, Felsefe - Yöntem - Analiz", 5. Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Holweg, M. (2007). "The Genealogy of Lean Production", *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Kurutkan, M.N., Killiklioğlu, E., Şimşir, İ., Orhan, F., ve Bağış, M. (2014). "Hastane İşletmelerinde İsrar Yönetimi Yaklaşımları ve Bir Uygulama Örneği", *Balkan Military Medical Review*, 17(1), 10-15.
- Liker, J.K. (2014). "The Toyota Way", Lean Construction Management, McGraw-Hill Global Education Holdings, USA. https://doi.org/10.1007/978-981-287-014-8_4
- Lindenau-Stockfisch, V. (2011). "Lean Management in Hospitals: Principles and Key Factors for Successful Implementation", Diplomica Verlag, Hamburg.
- Lowe, F.R. (2013). "Lean Healthcare: Controlling Cost through Better Care" (Issue May), <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.658.860&rep=rep1&type=pdf> (Erişim Tarihi: 27.02.2021).
- Malkoç, B.C. (2019). "Hastane Hizmetlerinde Yalın Performans Sistemi Üzerine Bir Özel Hastane Uygulaması", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.
- Rabakavi, H., Ramakrishna, H. ve Baligar, S. (2013). "Thorough Elimination Of Muri, Mura And Muda", *International Journal of Innovative Research and Development*, 2(5), 1457-1469.
- Reason, P. ve Bradbury, H. (2008). "Action Research (Second Edi)", SAGE Publications, Great Britain.
- Rother, M. ve Shook, J. (1999). "Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda", US The Lean Enterprise Institute, Brookline.
- Seth, D. ve Gupta, V. (2005). "Application of Value Stream Mapping for Lean Operations and Cycle Time Reduction: An Indian Case Study", *Production Planning and Control*, 16(1), 44-59. <https://doi.org/10.1080/09537280512331325281>
- Smith, A. C., Barry, R. ve Brubaker, C. E. (2007). "Going Lean Busting Barriers to Patient Flow", ACHE Management Series, Chicago.
- Önder, N.T., Arslan, E., Kayalı, S., Keskin, Z. ve Yiğit, Ö. (2015). "Sağlık Kuruluşlarında Yalın Yönetim Anlayışının Değerlendirilmesinde Bir Eğitim Araştırma Hastanesi Örneği", *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 2(1), 34-39.
- Türk Dil Kurumu. (2020). "Türk Dil Kurumu Sözlükleri", <https://sozluk.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 26.12.2020).

Türk Tabipler Birliği. (2011). "Hasta Güvenliği: Türkiye ve Dünya", Füsün Sayek TTB Raporları.

Womack, J., Byrne, A. P., Fiume, O. J., Kaplan, G. S. ve Toussaint, J. (2005). "Innovation Series: Going Lean in Health Care", *Institute for Healthcare Improvement*, 1–21.

Yalın Enstitü Derneği. (2012). "Yalın Düşünce", *Kalkınmada Anahtar Verimlilik*, 24(278), 6-11.

Zidel, T.G. (2006). "Lean Guide to Transforming Healthcare", ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin.

Türkiye Ekonomisinde Verimlilik ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin ARDL Sınır Testi Yaklaşımıyla İncelenmesi

Remzi HARK¹, Levent GÖKDEMİR²

ÖZET

Amaç: Bu çalışma, Türkiye ekonomisinde 1971-2019 yıllarını kapsayan dönem için ekonomik büyüme ile toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkiyi zaman serisi analiz yöntemleriyle araştırmaktadır.

Yöntem: Birim kök test sonuçlarına göre durağan olmayan değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiler ARDL sınır testi yaklaşımıyla incelenmektedir. Ayrıca çalışmada seriler arasındaki dinamik ilişkiler Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik testiyle sınanmaktadır.

Bulgular: Eş bütünleşme test sonucuna göre değişkenlerin uzun dönemde eş bütünleşik olduğu ortaya çıkmaktadır. Uzun dönem katsayı sonuçlarına göre Türkiye ekonomisinde toplam faktör verimliliğindeki %1'lik artış büyümeyi %3 oranında arttırmaktadır. Nedensellik test sonuçları toplam faktör verimliliğinden büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisini ortaya koymaktadır. Bulgular Türkiye ekonomisinde incelenen dönem için toplam faktör verimliliğinin ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu göstermektedir.

Özgünlük: İncelenen dönemde ortaya çıkan ekonomik ve politik krizlerin oluşturduğu yapısal kırılmalar, bu kırılmaları modelleyen ekonomik yöntemlerle incelenmiştir. Çalışmanın Türkiye ekonomisinde büyüme ve toplam faktör verimliliği arasındaki dinamik ilişkileri kapsamlı bir şekilde ele alarak literatüre katkı vermesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Toplam Faktör Verimliliği, Ekonomik Büyüme, ARDL Sınır Testi, Türkiye Ekonomisi.

JEL Kodları: O41, O47, C22.

Examining The Relationship Between Productivity and Economic Growth in the Turkish Economy with ARDL Bounds Test Approach

ABSTRACT

Purpose: Using time series analysis techniques, this study examines the link between economic growth and total factor productivity in the Turkish economy during the years 1971 through 2019.

Methodology: Taking into account the outcomes of the unit root test, the ARDL bounds test is used to examine the long-term relationships between the series that are not stationary at the level. The dynamic interactions between the series are also investigated using the Toda and Yamamoto (1995) causality test.

Findings: According to the cointegration test results, a long-term relationship has been found between the series. Long-term coefficient results show that a 1% increase in total factor productivity increases economic growth by approximately 3%. The causality test results reveal a one-way causality relationship from total factor productivity to growth. Findings show that total factor productivity has positive effects on economic growth in the Turkish economy for the period under review.

Originality: Structural breaks created by the economic and political crises that emerged during the period under review were examined with economic methods that model these breaks. The study contributes to the literature by comprehensively discussing the dynamic relationships between growth and total factor productivity in the Turkish economy.

Keywords: Total Factor Productivity, Economic Growth, ARDL Bounds Test, Turkish Economy.

JEL Codes: O41, O47, C22.

¹ Arş. Gör.Dr., Munzur Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Tunceli, Türkiye, remzihark@munzur.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3917-1283. (Sorumlu Yazar-Corresponding Author)

² Prof. Dr., İnönü Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Malatya, Türkiye, levent.gokdemir@inonu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2684-6085.

DOI: 10.51551/verimlilik.1164456

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 19.08.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 29.11.2022

Atıf: Hark, R. ve Gökdemir, L. (2023). "Türkiye Ekonomisinde Verimlilik ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin ARDL Sınır Testi Yaklaşımıyla İncelenmesi", *Verimlilik Dergisi*, 57(1), 239-252.

EXTENDED ABSTRACT

Solow (1957), a pioneer of neoclassical growth theory, argued that economic growth is not solely due to increases in capital and labor force, but also to technological innovations. According to Solow, as the steady-state equilibrium is reached, the marginal returns of the inputs in the production process gradually decrease, and the inputs have no effect on the output. Long-term economic growth can be explained in this context by the increase in productivity that technological developments will bring. This effect, which emerged with technological advancements and cannot be explained solely by the contribution of production factors to output, is referred to in the literature as the concept of total factor productivity (TFP). TFP, as a macroeconomic determinant, is an important component for long-term growth in this regard.

The study investigates the relationship between economic growth and TFP in Türkiye, covering the years 1971 to 2019. Furthermore, the relationships between the variables are discussed in depth, taking into account the structural breaks caused by the economic and political crises that emerged during the study period. In this regard, the study is intended to contribute to the literature.

Economic growth and TFP data for the years 1971 to 2019 were used in the study. In the analysis, data from the World Bank and the Federal Reserve Bank of St. Louis (FRED) databases, as well as time series methods, were used. The stationarity properties of the variables were tested using the traditional unit root tests ADF and KPSS, as well as the Zivot and Andrews (1992) unit root test, which models structural breaks. The unit root test results revealed that the variables under consideration were stationary at different levels. Therefore, the cointegration relationship between the variables was discovered using the ARDL bounds test method. The causality test of Toda and Yamamoto (1995) was used to determine the direction of the relationship between the series.

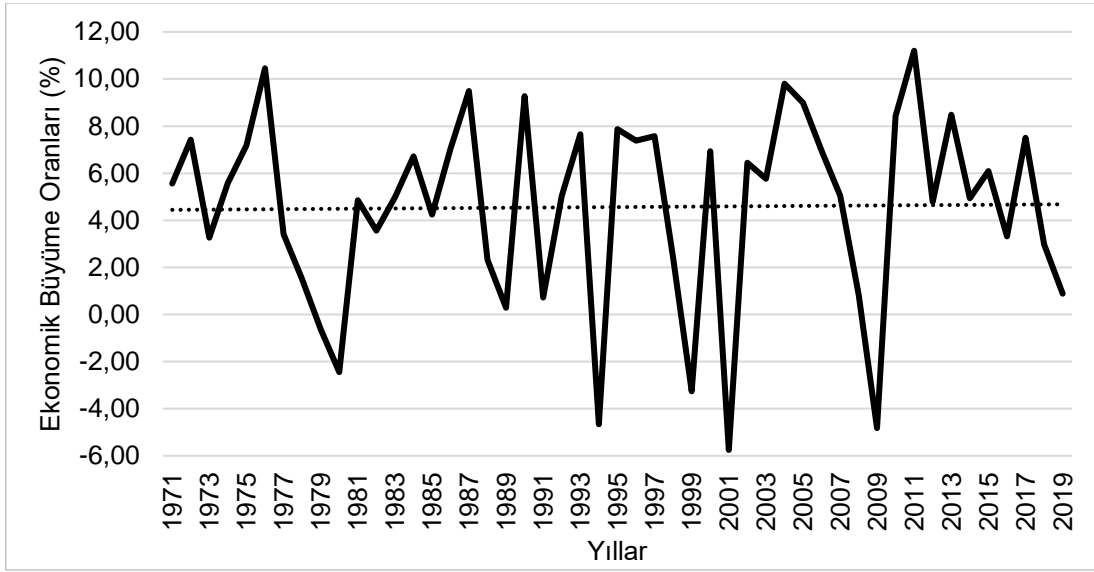
According to the unit root test result of Zivot and Andrews (1992), which modeled the structural breaks in the series, structural breaks occurred in Türkiye during economic crises in 1994 and 2003. The ARDL limit test results revealed a long-term relationship between the series. According to the ARDL bound test's long-term coefficient results, a 1% increase in TFP increases economic growth by 3%. Moreover, the model's error correction term (ECM) is statistically significant, and it has been discovered that short-term deviations from equilibrium return to equilibrium at a rate of approximately 78%. Finally, the findings of Toda and Yamamoto's (1995) causality test revealed that there is unidirectional causality from TFP to economic growth.

According to the results of the analysis, TFP has an effect on economic growth in the Turkish economy. Furthermore, it has been revealed that the TFP level of the country's economies is an important indicator in achieving long-term growth. Lastly, it is suggested that researchers use nonlinear econometric methods to test the relationship between the variables in question in future studies on the subject.

1. GİRİŞ

Küreselleşmeyle birlikte uluslararası rekabetin artması, ülke ekonomileri için verimlilik konusunu önemli bir noktaya taşımıştır. Sürdürülebilir büyüme için önemli bir husus olan verimlilik kavramı üretimde kullanılan kaynaklarla azami çıktının elde edilmesini ifade etmektedir.

Neoklasik büyüme teorisi öncülerinden Solow (1957), ekonomik büyümenin sadece sermaye ve işgücü artışından kaynaklanmadığını ve teknolojik yeniliklerin de önemli bir etken olduğunu ileri sürmüştür. Solow'a göre üretim sürecinde girdilerin marjinal getirileri giderek azalacak ve durağan durum dengesinin oluşmasıyla girdilerin çıktı üzerinde bir etkisi kalmayacaktır. Bu bağlamda uzun dönem ekonomik büyüme teknolojik gelişmelerle sağlanacak verimlilik artışlarıyla açıklanabilecektir. Teknolojik gelişmelerle birlikte ortaya çıkan ve sadece üretim faktörlerinin çıktıya katkısıyla açıklanamayan bu etki toplam faktör verimliliği (TFV) kavramı olarak literatürde yer almaktadır. Bu açıdan makro ekonomik bir belirleyici olan TFV sürdürülebilir büyüme için önemli bir unsur olmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye için TFV ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki kapsamlı bir şekilde ele alınarak söz konusu değişkenler arasındaki nedensellikler ortaya konulmaktadır. Bu kapsamda literatürde yer alan Türkiye özelinde yapılmış benzer çalışmalara ek olarak değişkenler arasındaki dinamik ilişkiler incelenen dönemdeki kırılmalar da dikkate alınarak uzun bir zaman aralığı için incelenmektedir.



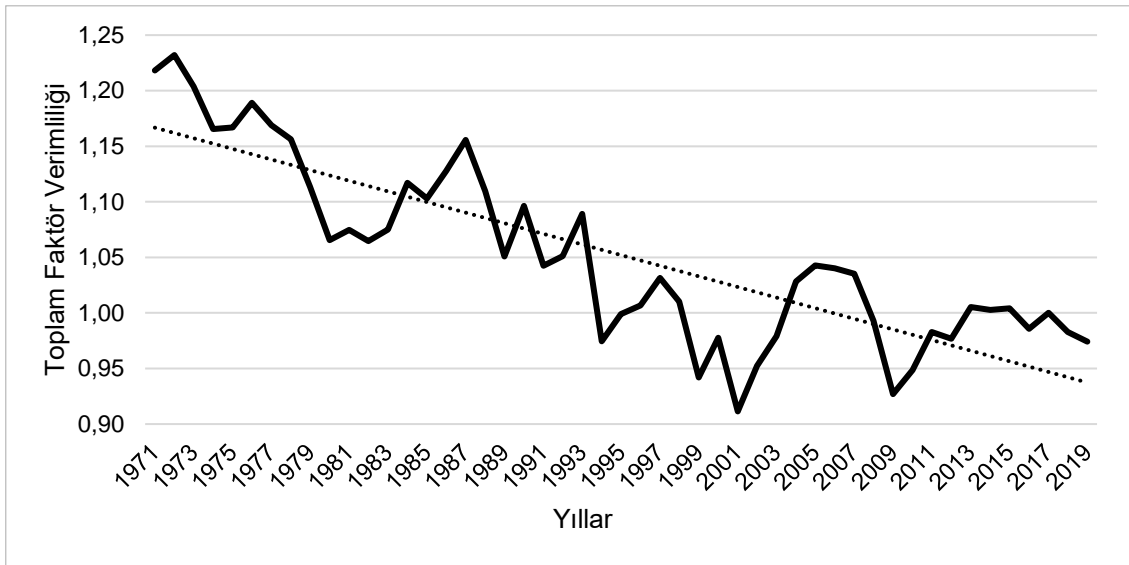
Şekil 1. Türkiye'nin ekonomik büyüme oranları (Dünya Bankası, 2022)

Türkiye'nin yıllık ekonomik büyüme oranlarındaki değişime Şekil 1'deki grafikte yer verilmiştir. İncelenen dönemin ilk yılı olan 1971'de yaklaşık olarak %5,6 olan büyüme oranı 2019 yılına gelindiğinde yaklaşık %0,89 olarak gerçekleşmiştir. Genel olarak 1971-2019 yıllarını kapsayan dönemde Türkiye için ortalama büyüme oranının %4,5 düzeyinde gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Ekonomik büyüme oranlarındaki değişimlere ilişkin olarak incelenen dönemde en yüksek ve en düşük büyüme oranları sırasıyla 2011 yılında yaklaşık %11,2 ve 2001 yılında yaklaşık %-5,7 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca grafikteki dalgalanmalar incelendiğinde 1980, 1994, 1999, 2001 ve 2009 yıllarında meydana gelen ekonomik krizlerin etkisiyle negatif ekonomik büyüme süreçlerinin yaşandığı görülmektedir.

Türkiye ekonomisinde kriz yıllarının özellikle ekonomik büyüme üzerinde önemli etkileri söz konusu olmuştur. Çalışmada dikkate alınan yıllar kapsamında 1970-1980 yılları arasında ortaya çıkan petrol krizleri Türkiye'yi de etkisi altına alarak ekonomide üretimin gerilemesine ve enflasyonun giderek hızlanmasına neden olmuştur (Kibritçioğlu, 2001). 1973 ve 1979 yıllarında yaşanan petrol krizleri Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin kalkınma süreçlerini yavaşlatmıştır. 1980 yılına gelindiğinde ekonomik krizin etkisindeki Türkiye'de sanayi sektörü durma noktasına gelmiş ve yüksek enflasyonla beraber ekonomik büyüme hızında gerilemeler meydana gelmiştir (Altaşlı ve Işık, 2017). Bu dönemde sanayi üretiminde meydana gelen gerilemeler ekonomik büyüme hızının negatif değerlerde gerçekleşmesine neden olmuştur (Darıcan, 2005). İthal ikameci sanayileşme politikaları yerine ihracata dayalı sanayileşme politikalarının benimsendiği 24 Ocak 1980 istikrar programının olumlu etkileri bir süre devam etmiş olsa da 1994 yılına gelindiğinde Türkiye yeni bir krizle karşı karşıya kalmıştır. Kamu kesimi finansman açığının giderek artması, ekonomik daralmanın yaşandığı 1994 krizine neden olmuş, döviz kuru yükselmiş ve cari işlemler açığı rekor düzeyde gerçekleşmiştir. Krizin etkilerini azaltmak için aynı yıl 26 Ocak'ta devalüasyon yapılmış ve ardından 5 Nisan istikrar programı yürürlüğe konmuştur (Çelikel Danişoğlu, 2007; Çetin ve Savrul, 2016).

1994 krizi sonrası alınan tedbirler sadece kısa bir dönem için olumlu sonuç vermiş, 1995-1999 yıllarında ekonomik istikrar sağlanamamıştır. Yüksek enflasyon ve döviz kurundaki artışlar devam ederken 1997'de Asya'da, 1998'de Rusya'da ortaya çıkan ekonomik krizler Türkiye ekonomisindeki kötü gidişi hızlandırmıştır (Aydın ve Cural, 2022). Ayrıca Asya ve Rusya krizlerinin de etkisiyle Türkiye ekonomisinde ihracat miktarının azalmasıyla beraber iç talepte de daralmalar meydana gelmiştir. Bu sebeplerle 1999 yılına gelindiğinde Türkiye ekonomisi küçülmüştür. 2000 yılına gelindiğinde ise uygulanan kur politikası Türk Lirası'nın gerekenden daha fazla değerlenmesine sebep olmuştur. Bu faktörler ihracatı azaltan ve ithalatı arttıran bir durum ortaya çıkararak cari açığın artmasına yol açmıştır (Altaşlı ve Işık, 2017). Kasım 2000 tarihinde kısa vadeli faizlerin aşırı yükselmesiyle birlikte hisse senedi fiyatlarında gerilemeler meydana gelmiş ve yabancı sermaye ülke dışına çıkmıştır. Bu durum Merkez Bankası'nın resmi rezervlerinde azalmaya ve dolayısıyla faiz oranlarında artışlara neden olmuştur. Bundan dolayı kayıplar yaşayan bankacılık sektörü ve finansman arayışındaki reel sektör de zor duruma düşmüştür. Bu yaşananlar 2001 krizini tetiklemiş ve ekonomi tekrar bir daralma sürecine girmiştir. 21 Şubat 2001'de durdurulamayan faiz artışları dalgalı kur rejimine geçilmesine neden olmuştur (Aydoğdu Bağcı, 2016).

İncelenen yıllarda negatif büyüme oranına sahip bir diğer yıl olan 2008'de kriz ABD'de ortaya çıktıktan sonra tüm dünyayı etkisi altına alarak genişlemiştir. ABD'de inşaat sektöründe verilen özensiz krediler, menkul kıymetlerdeki aşırı değerlenme, artan kişisel ve kurumsal borçlar, para politikasındaki uygulamalar ve yapılması gereken düzenlemelerdeki eksiklikler krizin başlıca sebepleri arasındadır. Kriz küresel bir boyut kazanarak likidite krizine dönüşmüş ve finans sektöründen reel sektöre yayılmıştır. Ayrıca kriz tüm dünyada üretimin daralmasına ve işsizliğin artmasına neden olmuştur. Kriz Türkiye'de üretimde kapasite kullanım oranını düşürmüş, işsizliği artırmış ve kriz yılı için beklenen ekonomik büyüme oranının altında bir büyüme hızına ulaşılmasına neden olmuştur (Uçan ve Çebe, 2018). 2008 yılını takip eden 2009 yılında ise Türkiye için ekonomik daralma meydana gelmiştir.



Şekil 2. Türkiye'de toplam faktör verimliliği (Federal Reserve Bank of St. Louis (FRED) veri tabanı, 2022)

Türkiye'nin 1971-2019 yılları arasındaki toplam faktör verimliliği yıllık değişimleri Şekil 2'de yer almaktadır. Türkiye'nin 2017 yılı sabit fiyatlarıyla (endeks 2017=1) TFV verilerini kapsayan dönem incelendiğinde 1971 yılında yaklaşık 1,22 değerini alan endeks 2019 yılına gelindiğinde yaklaşık 0,97 değerini almıştır. Söz konusu endeks 1972 yılında en yüksek ($\approx 1,23$) ve 2001 yılında en düşük ($\approx 0,91$) değerini almıştır. Genel itibarıyla incelenen yıllardaki endeks değerinde bir azalış trendinin olduğu dikkat çekmektedir. Ayrıca bu dönemde endeks değeri ortalama olarak $\approx 1,05$ seviyesindedir. TFV değerlerindeki dalgalanmalar incelendiğinde ekonomik büyüme oranlarındaki dalgalanmalara benzer şekilde kriz yıllarında kırılmaların olduğu görülmektedir.

Ekonomik büyüme ve verimlilik arasındaki ilişki literatürde büyümenin ne kadarının üretim faktörlerine atfedilir olduğu ve ne kadarının verimlilik artışı sonucu olduğu çerçevesinde tartışılmaktadır. Bu durum ilk kez Solow (1957) tarafından geliştirilen büyüme muhasebesi yöntemiyle ele alınmıştır (Aghion ve Howitt, 2007). Büyüme muhasebesi yöntemi, toplam faktör girdisinin bir endeksini oluşturmak için üretim faktörlerinin milli gelirdeki paylarını kullanarak çıktı büyümesinin faktör girdisindeki artışlarla açıklanamayan kısmını belirlemeyi amaçlamaktadır (Chen, 1997).

$$Y = F(K, L, t)$$

(1)

Eşitlik 1’de Neoklasik bir büyüme modelinin üretim fonksiyonu tanımlanmıştır. Bu eşitlikte Y , K ve L değişkenleri sırasıyla çıktı, sermaye ve emek girdilerini temsil ederken t ise zaman değişkenini göstermektedir. Eşitlik 1’in zamana göre türevi Eşitlik 2’de gösterilmiştir.

$$\frac{dY/dt}{Y} = \frac{(\delta F/\delta K)K}{Y} \cdot \frac{dK/dt}{K} + \frac{(\delta F/\delta L)L}{Y} \cdot \frac{dL/dt}{L} + \frac{(\delta F/\delta t)}{Y} \quad (2)$$

Eşitlik 2’de $(\delta F/\delta K)K/Y$ ve $(\delta F/\delta L)L/Y$ ifadeleri sırasıyla sermaye ve emeğin faktör paylarını ifade etmektedir. Ayrıca denklemdaki $(\delta F/\delta t)/Y$ ifadesi üretim fonksiyonundaki teknolojik değişimi yani toplam faktör verimliliğini ifade etmektedir. S_K ve S_L sırasıyla sermaye ve emeğin çıktıdaki payını ifade etmek üzere sermaye, emek ve TFV’nin çıktıya katkılarının büyüme muhasebesi yöntemiyle gösterimine Eşitlik 3 ve 4’te yer verilmiştir (Chen, 1997).

$$Y = S_K K + S_L L + TFV \quad (3)$$

$$TFV = Y - S_K K - S_L L \quad (4)$$

Toplam üretim fonksiyonunun verimlilikle ilişkilendirilmesi konusunda öncü çalışma olarak Solow (1957) işaret edilse de esasen konu ekonomik büyümenin kaynaklarının incelendiği çalışma Tinbergen (1942)’e kadar dayanmaktadır (Jorgenson, 1988). Bununla birlikte Solow’un katkısı ise Eşitlik 4’teki büyüme muhasebesi endeksi yaklaşımı ile üretim fonksiyonu arasındaki bağlantıyı geliştirmesidir (Hulten, 2001).

Çalışmada gelişmekte olan ekonomiler arasında bulunan Türkiye için önemli ekonomik göstergelerden TFV ve ekonomik büyüme arasındaki dinamik ilişkilerin zaman serisi yöntemleriyle incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada ilgili değişkenler arasındaki ilişkinin nispeten geniş bir zaman aralığı için (1971-2019) incelenmesi, yapısal kırılmaların modellenmesi ve nedensellik ilişkilerinin araştırılması hedeflenmiştir. Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm olan giriş bölümünden sonra çalışmaya ilişkin literatür incelemesine yer verilmiştir. Veri seti ve metodoloji kısmında analize konu olan veri seti tanıtarak analizde kullanılan ekonometrik yöntemlerle ilgili bilgi verilmiştir. Son iki bölüm olan bulgular ve sonuç kısmında ise sırasıyla çalışmanın analiz çıktıları değerlendirilmiş ve ardından elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmanın bu bölümünde ekonomik büyüme ve TFV arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalara yer verilecektir. Literatür incelendiğinde verimlilik ve büyüme arasındaki ilişkiyi açıklamaya yönelik çalışmaların farklı ülke ve ülke gruplarına yönelik olarak yapıldığı görülmektedir.

Nehru ve Dbareshwar (1994), 1960-1987 yıllarını dikkate alarak 83 ülke için milli gelir ve TFV büyüme hızı arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Çalışmada beşerî sermaye değişkenini içeren ve incelenen 83 ülkenin tümüne ilişkin verilerin kullanıldığı bir üretim fonksiyonu modellenmiştir. Ayrıca değişkenler arasındaki ilişki regresyon analizleri yardımıyla ortaya konmuştur. Yüksek gelirli ülkeler arasındaki TFV büyümesinin daha iyi performans gösteren düşük ve orta gelirli ülkelerin TFV büyümesinden çok daha düşük olmadığı analiz sonuçları arasındadır. Ayrıca beşerî sermayenin TFV üzerindeki etkisi de oldukça yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Çalışmanın bir diğer sonucuna göre ise kişi başına GSYİH büyüme oranlarındaki artışın en hızlı olduğu Doğu Asya ülkeleri bu performanslarını daha çok faktör birikimi hızına dayandırmıştır.

Hacker ve Hatemi-J (2003), 1970-1999 yıllarını kapsayan dönem için milli gelir, ihracat ve TFV arasındaki ilişkiyi İsveç ekseninde tartışmıştır. Çalışmada OECD üyesi ülkelerin toplam GSYİH’leri ile İsveç’in GSYİH, ihracat ve TFV verileri dikkate alınarak granger nedensellik testi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda OECD toplam GSYİH’sında meydana gelen değişim ile İsveç’in ihracatı arasında nedensellik olduğu bulunmuştur. Bu bağlamda çalışmada bir OECD üyesi olan İsveç’in milli geliri ve TFV’si üzerinde diğer OECD ülkelerinin milli gelirlerindeki değişimin dolaylı olarak etkili olduğu çıkarımı yapılmıştır. Çalışmada elde edilen bir diğer sonuç ise İsveç’in ihracatı ile milli geliri arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğudur. Ayrıca İsveç için GSYİH ile TFV arasında nedensellik ilişkisi bulunmadığı saptanmıştır.

Kurt ve Terzi (2007), 1989-2003 yıllarını kapsayan döneme ait 3 aylık veriler yardımıyla Türkiye ekonomisinde büyüme, dış ticaret ve verimlilik değişkenleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmada milli gelirdeki değişim, imalat sanayi ihracat ve ithalatı ile söz konusu sektörde çalışanların saat başına verimlilik değişkenleri arasındaki ilişki zaman serisi analizi kullanılarak belirlenmeye çalışılmış, bu bağlamda VAR analizlerine yer verilmiştir. Çalışmanın sonuç kısmında ekonomik büyüme ve verimlilik artışı arasındaki nedensellik ilişkisinin çift yönlü olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde çift yönlü nedensellik ilişkisinin verimlilik ve ihracat arasında da olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca ithalat ve verimlilik arasındaki nedensellik ilişkisinin ise tek yönlü olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.

TFV’nin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışma da Vergil ve Abasız (2008)’dir. Bu çalışmada Türkiye’nin 1968-2006 dönemine ait verileri kullanılarak büyümenin kaynaklarını Collins

Bosworth varyans ayrıştırması yöntemi yardımıyla ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda ekonomik büyümenin %30'luk bir bölümünün kaynağının TFV artışları olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca fiziki sermaye stoğunun diğer üretim faktörlerinden daha yüksek oranda büyümeye katkı sağladığı elde edilen bulgular arasındadır.

Adak (2009), Türkiye için TFV ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1987-2007 yıllarını kapsayan dönem çerçevesinde ele almıştır. Çalışmada ilk etapta TFV değerleri hesaplanmış ve sonrasında ilgili dönem için hesaplanan bu değerler ile ekonomik büyüme verileri arasındaki ilişki en küçük kareler yöntemiyle ekonometrik olarak analize tabi tutulmuştur. Yapılan analizler sonucunda TFV ile büyüme arasında doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu ortaya koyulmuştur.

Khadimee (2016) çalışmasında, İran için ekonomik büyümenin kaynaklarını ortaya koymak amacıyla 1981-2013 yıllarını dikkate alarak zaman seri analizi yöntemiyle tahminler yapmıştır. Analiz sonucunda İran'da üretim yapısının emek yoğun değil de sermaye yoğun olduğu bilgisi elde edilmiştir. TFV'nin incelenen dönemde ortalama olarak %5 yıllık büyüme oranına sahip olduğu yapılan ekonometrik tahminler sonucunda ortaya çıkmıştır. Ayrıca TFV büyümesinin, işgücü birikiminin ve sermaye birikiminin İran'ın ekonomik büyümesine ortalama katkılarının sırasıyla %15, %30 ve %55 olduğu elde edilen bulgular arasındadır.

Işık (2016) yaptığı çalışmada ekonomik büyüme ve TFV arasındaki ilişkiyi 1990-2014 yıllarını kapsayan dönemi dikkate alarak incelemiştir. Zaman serisi analizi yardımıyla yapılan analizler sonucunda incelenen dönemde Türkiye ekonomisi için büyüme ile TFV arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada TFV'nin ekonomide ortaya çıkan pozitif ekonomik büyüme sonucu oluştuğuna fakat bu durumun sürdürülebilir olmadığına sonuçlar arasında değinilmiştir.

Türkiye için milli gelirdeki büyümenin belirleyicilerini 1991-2016 yılları çerçevesinde inceleyen Alakbarov ve diğerleri (2018) çalışmalarında üretim fonksiyonunun tahmin edilmesi yoluyla elde edilen TFV'deki değişimleri incelemişlerdir. Çalışmada TFV'nin ele alınan dönemde ekonomik büyüme üzerinde pozitif katkı yarattığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca üretim faktörleri içerisinde sermayenin emeğe göre hasılaya daha fazla katkı yaptığı elde edilen sonuçlar arasındadır.

Alancioğlu ve Şit (2019), BRICS ülkeleri için TFV ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri analizi yöntemiyle 2000-2016 yıllarını kapsayan dönemi dikkate alarak incelemişlerdir. Çalışmada yapılan eş bütünleşme testleri sonucunda TFV ile ekonomik büyüme arasında ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca BRICS ülkeleri için ekonomik büyüme konusunda TFV'nin önemli bir gösterge olduğu elde edilen bulgular arasındadır.

Kamacı ve diğerleri (2019) çalışmalarında 15 OECD ülkesi için TFV'nin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel veri analizi yöntemleriyle araştırmışlardır. 1995-2016 yıllarını kapsayan dönemin dikkate alındığı çalışma değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin TFV'den ekonomik büyümeye doğru olduğunu ve bu ilişkinin tek yönlü gerçekleştiğini belirlemiştir. Ayrıca çalışmada TFV'deki %1'lik bir artışın ekonomik büyümeyi %1,19 oranında arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

İnovasyon, finansal gelişme ve TFV'nin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerinin araştırıldığı Doğan (2022) çalışmasında 12 farklı ülkeyi analizlerine dahil etmiştir. Bu çalışmada 1996-2017 yıllarını kapsayan döneme ait veriler panel veri analizi yöntemiyle incelenmiştir. Analizde kullanılan değişkenler ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir etkileşimin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca TFV'nin inovasyon ve finansal gelişmeye göre daha yüksek oranda ekonomik büyümeye katkı sağladığı çalışmanın bulguları arasında yer almaktadır.

İncelen literatürdeki çalışmaların TFV ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi zaman serisi analizleri ve panel veri analizleri gibi yöntemlerle sınıadıkları görülmektedir. Ayrıca çalışma sonuçlarına göre TFV ile ekonomik büyüme arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olabileceği gibi çift yönlü bir nedensellik ilişkisi de olabilmektedir. Söz konusu değişkenler arasında herhangi bir ilişkinin tespit edilemediği çalışmalarda literatürde yer almaktadır. Literatür araştırması sonucunda ekonomik büyüme ve TFV arasındaki ilişkinin görece daha geniş bir zaman aralığının baz alınarak incelendiği ve ampirik analizlerde Türkiye ekonomisindeki yapısal değişim ve dönüşümlerin dikkate alındığı çalışmaların sınırlı sayıda olduğu tespit edilmiştir. Bu noktada çalışmanın literatüre katkı sunması beklenmektedir.

3. VERİ SETİ ve YÖNTEM

Türkiye ekonomisinde TFV ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1971-2019 arası yıllık verilerle inceleyen bu çalışma kapsamında incelenen serilere ait tanımlayıcı istatistiklere Tablo 1'de yer verilmiştir. TFV değişkenininin 2017 yılı taban olmak üzere yerli para cinsinden reel hali analize dâhil edilmiştir. Ekonomik büyüme değişkeni ise yıllık büyüme oranı değişkeni olarak kullanılmıştır. Değişkenlerin doğal

logaritmaları alınmıştır. ly değişkeni ekonomik büyüme değişkenini, $ltfv$ toplam faktör verimliliği değişkenini göstermektedir.

Tablo 1. Tanımlayıcı istatistikler

Değişken	Tanımı	Ortalama	Standart Sapma	J-B Normallik Olasılık Değeri	Gözlem Aralığı	Veri Kaynağı
ly	Ekonomik Büyüme	4,562110	4,084216	0,0635	1971-2019	Dünya Bankası (Databank)
ltfv	Toplam Faktör Verimliliği	1,052056	0,081566	0,240774	1971-2019	FRED

$$ly = \beta_0 + \beta_1 ltfv + u_t \quad (5)$$

Bu çalışma kapsamında değişkenler arasındaki ilişki Eşitlik 5'te verilen model aracılığıyla sınanmaktadır. Durağan olmayan değişkenlerle yapılan analiz sonuçları yüksek bir R^2 değeri ve istatistiksel olarak anlamlı t istatistiklerine rağmen tahmin ve öngörü amacıyla kullanılamamaktadır (Enders, 2015). Bu bağlamda değişkenlerin durağanlıkları yapısal kırılmaları modellemeyen ADF ve KPSS birim kök testleriyle sınanmaktadır.

Perron (1989) çalışmasından itibaren birim kök testlerinde yapısal kırılmalar modellere dahi edilmeye başlamıştır. Perron (1989)'da geliştirilen test kapsamında yapısal kırılma tarihinin öncül olarak bilinip modele dışsal olarak dahil edilmesi gerekmektedir. Zivot ve Andrews (1992) bu ön koşulu ortadan kaldırarak kırılma tarihinin önceden bilinmesine gerek olmadan kırılma tarihinin model dahilinde içsel olarak belirlendiği tek yapısal kırılmanın varlığına izin veren bir testi literatüre kazandırmışlardır (Nunes ve diğerleri, 1997). Bu çalışma kapsamında incelenen serilerin birim kök içerip içermedikleri Zivot ve Andrews (1992) tarafından geliştirilen birim kök testiyle de sınanmaktadır.

Birim kök testleri sonuçlarına göre durağan olmayan değişkenler arasındaki uzun dönemli dinamik ilişkiler eşbütünleşme testleriyle araştırılmaktadır. Literatüre Engle ve Granger (1987) tarafından kazandırılan eşbütünleşme testlerinde değişkenlerin durağanlık derecelerinin aynı olması istenen bir şarttır. Peseran ve diğerleri (2001) tarafından literatüre kazandırılan ARDL sınır testinde ise durağanlık dereceleri farklı olan seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi tespit edilebilmektedir. ARDL sınır testinin diğer eşbütünleşme testlerine göre (Engle ve Granger (1987), Johansen (1990)) önemli avantajları bulunmaktadır. Öncelikle ARDL sınır testinde değişkenlerin durağanlıkları $I(2)$ olmadığı müddetçe eşbütünleşme ilişkisi incelenebilmektedir (Lawal ve diğerleri, 2016:6). ARDL sınır testinin ortaya koyduğu sonuçlar, küçük örneklem için daha tutarlı ve etkindir (Tinoco-Zermono ve diğerleri, 2014). Son olarak ARDL sınır testinde uygun gecikme uzunluğunun seçilmesi halinde içsellik sorunu ortadan kalkmaktadır (Nazir ve diğerleri, 2018).

ARDL sınır testinde uygun gecikme uzunlukları bilgi kriterleri (AIC-SC) yardımıyla seçildikten sonra model EKK yöntemiyle tahmin edilmektedir. Bu çalışmada seriler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin varlığı Eşitlik 6'daki denklemin sınanması yoluyla incelenmektedir.

$$\Delta ly_t = \alpha_0 + \sum_{j=0}^p \beta_j \Delta ly_{t-j} + \sum_{j=0}^p \delta_j \Delta ltfv_{t-j} + \theta_1 ly_{t-1} + \theta_2 ltfv_{t-1} + \mu_t \quad (6)$$

Eşitlik 6'daki β ve δ kısa dönem katsayılarını temsil ederken, θ_1 ve θ_2 ise uzun dönem katsayılarını göstermektedir. ARDL sınır testi kapsamında eşbütünleşme ilişkisi uzun dönem katsayılar yardımıyla sınanmaktadır (Peseran ve diğerleri, 2001). Test edilecek hipotezler aşağıdaki gibidir.

$$H_0: \theta_1 = \theta_2 = 0$$

$$H_1: \theta_1 \neq \theta_2 \neq 0$$

İlgili hipotezlerde H_0 temel hipotezi reddedildiğinde seriler arasında uzun dönemli ilişkilerin mevcut olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Seriler arasındaki kısa dönemli katsayılar ve hata düzeltme terimi ise Eşitlik 7'de yer alan denklem aracılığıyla sınanmaktadır.

$$\Delta ly_t = \alpha_0 + \sum_{j=0}^p \beta_j \Delta ly_{t-j} + \sum_{j=0}^p \delta_j \Delta ltfv_{t-j} + \phi ECM_{t-1} + \mu_t \quad (7)$$

İlgili seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı nedenselliği gerektiren ilişkinin yönü hakkında bir çıkarımda bulunulamamaktadır (Sarı ve Arslan, 2022). Bu bağlamda seriler arasındaki nedensellik ilişkisi Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik testi yardımıyla ele alınmıştır. Bu test artırılmış bir VAR ($k + dmax$) modelinin tahminini içerir. Burada k VAR sistemindeki optimal gecikme uzunluğunu $dmax$ ise

serilerin maksimum bütünleşme derecesini göstermektedir (Adriana, 2014). Toda ve Yamamoto (1995) modifiye edilmiş WALD testi (MWALD) standart asimptotik dağılıma dayalı olması ve herhangi bir ön test gerektirmemesi gibi nedenlerden dolayı literatürde sıklıkla kullanılan bir testtir (Çalışkan ve diğerleri, 2017). Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik testi kapsamında değişkenlere ait nedensellik ilişkileri Eşitlik 8 ve 9'da verilen denklemler aracılığıyla sınanmaktadır.

$$ly = \alpha_0 + \sum_{p=1}^k \alpha_1 ly_{t-1} + \sum_{j=k+1}^{dmax} \alpha_2 ly_{t-j} + \sum_{i=1}^j \delta_1 ltfv_{t-i} + \sum_{i=k+1}^{dmax} \delta_2 ltfv_{t-j} + \varepsilon_1 \quad (8)$$

$$ltfv = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_1 ltfv_{t-1} + \sum_{i=k+1}^{dmax} \beta_2 ltfv_{t-i} + \sum_{j=1}^k \theta_1 ly_{t-1} + \sum_{j=k+1}^{dmax} \theta_2 ly_{t-j} + \varepsilon_2 \quad (9)$$

Bu test kapsamında hipotezler aşağıda verilen şekilde kurulmaktadır.

$$H_0: \delta_1 = 0 \quad (ltfv, ly'nin nedeni değildir.)$$

$$H_1: \delta_1 \neq 0 \quad (ltfv, ly'nin nedenidir.)$$

$$H_0: \theta_1 = 0 \quad (ly, ltfv'nin nedeni değildir.)$$

$$H_1: \theta_1 \neq 0 \quad (ly, ltfv'nin nedenidir.)$$

4. BULGULAR

Değişkenlerin birim kök test sonuçları Tablo 2'de yer almaktadır. Bütün birim kök testlerinde test istatistiği kritik değerden büyükse söz konusu serinin durağan olmadığı ortaya çıkmaktadır.

Tablo 2. Değişkenlerin birim kök test sonuçları

Değişkenler	ADF Birim Kök Testi	KPSS Birim Kök Testi			
		Sabit Terimli	Sabitli ve Trendli	Sabit Terimli	Sabitli ve Trendli
ly	I(0)	-6,67213***	-6,60190***	0,044972***	0,041214***
ltfv	I(0)	-2,143136	-3,044895	0,796788	0,167083*
	I(1)	-8,09641***	-8,128798***	0,078851***	0,031353***

Not: *** işareti %1 anlamlılık düzeyini, ** işareti %5 anlamlılık düzeyini ve * ise %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedirler.

Tablo 2 incelendiğinde ly değişkeni her iki birim kök testinde de durağan çıkmıştır. Öte yandan ltfv değişkeninin durağan olmadığı birinci farkı alındığında ise durağanlaştığı görülmektedir.

Tablo 2. Zivot-Andrews birim kök testi

Değişken	Gecikme uzunluğu	Kırılma tarihi	t istatistiği	%5 Kritik değer
ly	0	2003	-7,858394	-5,08
ltfv	0	1994	-4,426533	-5,08
ltfv (1)	0	1988	-8,417627	-5,08

Geleneksel birim kök testlerinde yapısal kırılmalar modellenememektedir. Bu çalışma kapsamında değişkenlerin durağan olup olmadıkları yapısal kırılmaları içsel olarak belirleyen Zivot ve Andrews (1992) birim kök testiyle de sınanmıştır. ly değişkeni düzeyde durağan çıkarken kırılma tarihi olarak 2002 krizinin etkilerinin devam ettiği yıl olan 2003 yılı tespit edilmiştir. ltfv değişkeni ise birim köklü çıkmıştır. İlgili değişkenin farkı alınınca durağanlaştığı görülmüştür. Yapısal kırılma tarihleri ise 1994 ekonomik krizinin olduğu dönem seçilmiştir.

ARDL sınır testine ait sonuçlar Tablo 4 aracılığıyla verilmiştir. Öncelikle F test istatistiği kritik değerlerden büyük olduğu için temel hipotez reddedilerek seriler arasındaki ilişkinin uzun dönemli olduğu, Türkiye için incelenen yıllarda toplam faktör verimliliği ile ekonomik büyüme arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Uzun dönemde toplam faktör verimliliğindeki %1'lik artış ekonomik büyümeyi yaklaşık olarak %3 oranında artırmaktadır. Kısa dönemde ise faktör verimliliği ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir. Modele ait hata düzeltme teriminin (ECM) istenilen aralıkta (0 ile -1) ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır. Kısa dönemde dengede oluşan sapmaların bir dönem sonra yaklaşık %78 oranında tekrar dengeye geldiği görülmektedir. ARDL sınır testine ait tanısal test sonuçları incelendiğinde ise serilerin normal dağıldığı, otokorelasyon ve değişen varyans içermediği ve model kurma hatası olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

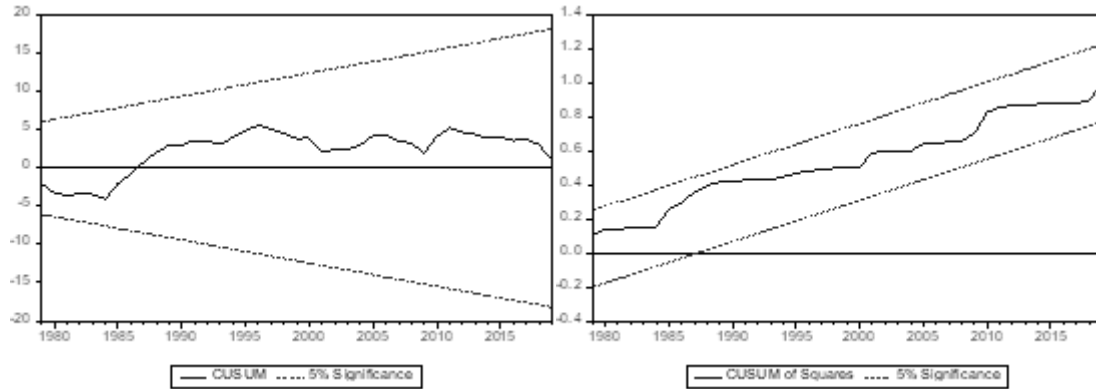
Tablo 3. ARDL Sınır testi sonuçları

Model (3): Kısıtlı sabit-Trend yok

Gecikme uzunluğu (2,1)

Eşbütünlük Test Sonucu	F istatistiği	Kritik değerler					
		%10		%5		%1	
		I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
	15,86472	4,19	4,94	5,22	6,07	7,56	8,68
Uzun Dönem Katsayılar	Değişken	Katsayı	Standart h.	t istatistiği	Olasılık		
	ltfv	2,998477	1,159242	2,586585	0,0132		
Kısa Dönem Katsayılar ve Hata Düzeltme Terimi	Değişken	Katsayı	Standart h.	t istatistiği	Olasılık		
	C	1,697006	0,288440	5,883386	0,0000		
	D(Iy(-1))	-0,126506	0,085587	-1,478093	0,1468		
	D(ltfv)	19,93427	1,799936	11,07499	0,0000		
	ECM(-1)	-0,784747	0,137686	-5,699552	0,0000		
Tanısal Testler	İstatistiksel Test			Olasılık Değeri			
	Normallik testi (Jarque-Bera)			0,722414			
	Değişken Varyans testi (Breusch-Pagan-Godfrey)			0,5249			
	Otokorelasyon testi (Breusch-Godfrey)			0,6976			
	Ramsey RESET testi			0,6952			

Son olarak modelin istikrarlılığı Cusum ve Cusum Square testleriyle sınanmıştır. Modelin tutarlı, katsayıların istikrarlı ve modelin öngörü amacıyla kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

**Şekil 3. CUSUM ve CUSUM Square test sonuçları**

ARDL sınır testi kullanılan çalışmalarda değişkenler arasındaki nedensellik ilişkileri Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik testiyle sınanmaktadır. Tablo 5'te verilen sonuçlara göre ltfv değişkeninden ly değişkenine doğru ve tek yönlü olarak Granger nedensellik ilişkisinin mevcut olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 4. Toda-Yamamoto nedensellik test sonucu

Model	χ^2 İstatistiği	Olasılık Değeri	Sonuç
ltfv \Rightarrow ly	6,907568	0,0316	TFV'den ekonomik büyümeye doğru nedensellik ilişkisi vardır.
ly \Rightarrow ltfv	2,058416	0,3573	Ekonomik büyümeden TFV'ye doğru nedensellik ilişkisi yoktur.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Gelişmekte olan ekonomiler için TFV'nin yükseltilmesi mevcut üretim kaynaklarının optimal şekilde kullanılarak ülkenin istikrarlı bir ekonomik büyüme trendi yakalaması noktasında önem arz etmektedir. TFV'deki artışlar inovasyonun, AR-GE harcamalarının ve beşerî sermaye kapasitesinin artırılabilmesiyle mümkün olmaktadır. Böylece ülke ekonomisinde üretim daha etkin ve verimli şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında 1971-2019 dönemi için Türkiye ekonomisinde TFV ile ekonomik büyüme arasındaki dinamik ilişkiler incelenmiştir. Değişkenlerin durağanlıkları geleneksel birim kök testleriyle (ADF ve KPSS) ve yapısal kırılmaları modelleyen Zivot ve Andrews (1992) birim kök testiyle analiz edilmiştir. Kırılmalı birim kök test sonucuna göre Türkiye için ekonomik krizlerin olduğu dönemlerde (1994 ve 2003 yılları) serilerde yapısal kırılmalar tespit edilmiştir. Birim kök test sonuçlarına göre değişkenlerin durağanlıkları farklı düzeylerde çıkmıştır. Bu nedenle, ARDL sınır testi yaklaşımıyla değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiler ele alınmıştır. Eşbütünleşme testi sonuçlarına göre ilgili serilerin uzun dönemde eşbütünleşik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. ARDL sınır testi uzun dönem katsayı sonuçlarına göre TFV'deki %1'lik bir artış ekonomik büyümeyi yaklaşık olarak %3 oranında artırmaktadır. Ayrıca Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik testi aracılığıyla ilgili değişkenler arasındaki nedensellik ilişkileri ortaya konulmuştur. Bu test sonucuna göre TFV'den ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç ilgili değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit eden Kurt ve Terzi (2007)'nin çalışmasının sonuçlarıyla farklılık göstermektedir. Ayrıca, TFV'den ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin tespit edilmesi Kamacı ve diğerlerinin (2019) çalışmasıyla benzerlik göstermektedir. Analiz sonuçları Türkiye ekonomisini temel alan çalışmalar olan Abasız (2008), Adak (2009) ve Işık (2016) sonuçlarıyla uyumlu çıkmıştır.

Analiz sonuçları toplam faktör verimliliğinin ekonomik büyüme üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca ülke ekonomilerinin istikrarlı bir büyüme sağlayabilmeleri için sahip oldukları TFV düzeyinin önemli bir gösterge olduğu ortaya konulmuştur. Bu bağlamda ekonomik büyümenin belirleyicilerinin doğru bir şekilde saptanabilmesi ve uygun ekonomi politikalarının izlenebilmesi noktasında TFV'yi etkileyen faktörlerin önem arz ettiği görülmüştür. Son olarak konuyla ilgili yapılacak çalışmalarda söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olmayan ekonometrik yöntemlerle de sınanması araştırmacılara önerilmektedir.

Yazar Katkıları /Author Contributions

Remzi Hark: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı- orijinal taslak Levent Gökdemir: Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

Remzi Hark: Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft Levent Gökdemir: Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı /Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Adak, M. (2009). "Total Factor Productivity and Economic Growth", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8 (15), 49-56.
- Adriana, D. (2014). "Revisiting the Relationship between Unemployment Rates and Shadow Economy. A Toda-Yamamoto Approach for the Case of Romania", *Procedia Economics and Finance*, 10, 227-236.
- Aghion, P. ve Howitt, P. (2007). "Capital, Innovation, and Growth Accounting", *Oxford Review of Economic Policy*, 23(1), 79-93.
- Alakbarov, N., Gündüz, M. ve Erkan, B. (2018). "Türkiye'de Ekonomik Büyümenin Belirleyicisi Olarak Toplam Faktör Verimliliği", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (57), 253-270.
- Alancioğlu, E. ve Şit, M. (2019). "BRICS Ekonomilerinde Toplam Faktör Verimliliği ile Ekonomik Büyüme İlişkisinin Panel Veri Analizi: 2000-2016 Dönemi", *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 11(20), 29-40.
- Altaşlı, Y.A. ve Işık, M. (2017). "Türkiye'de Yaşanan Ekonomik Krizlerin İstihdam Üzerine Etkileri (1980-2013)", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(2), 567-585.
- Aydın, C. ve Cural, M. (2022). "Türkiye'de 1980 Sonrası Yaşanan Ekonomik Krizler ile İç-Dış Borçlanma İlişkisi", *Maliye Çalışmaları Dergisi*, (67), 25-45.
- Aydoğdu Bağcı, S. (2016). "Kasım 2000 ve Şubat 2001 Ekonomik Krizlerinin Dış Ticarete Etkileri", *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8 (3), 46-54.
- Chen, E.K. (1997). "The Total Factor Productivity Debate: Determinants of Economic Growth in East Asia", *Asian-Pacific Economic Literature*, 11(1), 18-38.
- Çalışkan, Ş., Karabacak, M. ve Meçik, O. (2017). "Türkiye Ekonomisinde Eğitim Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Bootstrap Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Yaklaşımı", *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (33), 45-56.
- Çelikel Danişoğlu, A. (2007). "Para Krizleri: Türkiye'de Yaşanmış Krizlerin Değerlendirilmesi", *Sosyal Bilimler Dergisi*, (2), 1-11.
- Çetin, E. ve Savrul, M. (2016). "Türkiye'de 1980 Sonrası Liberalleşme Sürecinde Dış Ticaretteki Gelişmelerin Türkiye'nin Cari Açığına Etkisi", *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 14(28), 511-532.
- Darıcan, M.F. (2005). "Ekonomik Krizler ve Türkiye", *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 5(17), 39-46.
- Doğan, E. (2022). "Toplam Faktör Verimliliği, Finansal Gelişme ve İnovasyon Ekonomik Büyüme Artırıyor mu?", *Anasay*, 19, 137-153.
- Dünya Bankası, (2022). "World Bank Open Data", <https://databank.worldbank.org/databases>, (Erişim Tarihi:01.06.2022).
- Enders, W. (2015). "Applied Econometric Time Series Fourth Edition", New York (US): University of Alabama.
- Engle, R.F. ve Granger, C.W. (1987). "Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 251- 276.
- Federal Reserve Bank of St. Louis (FRED), (2022). "Economic Data-ST Louis FED", <https://fred.stlouisfed.org/series>, (Erişim Tarihi: 01.06.2022).
- Hacker, R.S. ve Hatemi-J, A. (2003). "How Productivity and Domestic Output are Related to Exports and Foreign Output in the Case of Sweden", *Empirical Economics*, 28.
- Hulten, C.R. (2001). "Total Factor Productivity: A Short Biography. In New Developments in Productivity Analysis", University of Chicago Press, 1-54.
- Işık, C. (2016). "Türkiye'de Toplam Faktör Verimliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi", *Verimlilik Dergisi*, (2), 45-56.
- Jorgenson, D.W. (1988). "Productivity and Postwar US Economic Growth", *Journal of Economic Perspectives*, 2(4), 23-41.
- Kamacı, A., Ceyhan, S. ve Peçe, M.A. (2019). "Toplam Faktör Verimliliğinin Ekonomik Büyüme Etkisi: 15 OECD Ülkesi İçin Panel Veri Analizi", *Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(1), 22-36.
- Khadimee, M. (2016). "The Sources of Economic Growth in Iran's Economy", *Journal of Economics Library*, 3(4).
- Kibritçioğlu, A. (2001). "Türkiyede Ekonomik Krizler ve Hükümetler, 1969-2001", *Yeni Türkiye Dergisi*, 2(41), 174-183.
- Kurt, S. ve Terzi, H. (2007). "İmalat Sanayi Dış Ticareti Verimlilik ve Ekonomik Büyüme İlişkisi", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 25-46.
- Lawal, A.I., Nwanji, T.I., Asaleye, A. ve Ahmed, V. (2016). "Economic Growth, Financial Development and Trade Openness in Nigeria: An Application of the ARDL Bound Testing Approach", *Cogent Economics & Finance*, 4(1), 1258810.

- Nazir, M.I., Nazir, M.R., Hashmi, S.H., ve Ali, Z. (2018). "Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Pakistan: Empirical Evidence Form ARDL Bound Testing and Causality Approach", *International Journal of Green Energy*, 15(14-15), 947-957.
- Nehru, V. ve Dbareshwar, A. (1994). "New Estimates of Total Factor Productivity Growth for Developing and Industrial Countries", *World Bank Policy Research Working Paper*.
- Nunes, L.C., Newbold, P.ve Kuan, C.M. (1997). "Testing for Unit Roots with Breaks: Evidence on the Great Crash and the Unit Root Hypothesis Reconsidered", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 59(4), 435-448.
- Perron, P. (1989). "The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis", *Econometrica*, 57, pp.1361-1401.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. ve Smith, R.J. (2001). "Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships", *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Sarı, S. ve Arslan, E.A. (2022). "Türkiye Ekonomisi Bağlamında Fisher Etkisinin Birim Kök Testleri ve ARDL Sınır Testiyle Sınanması", *Journal of Emerging Economies and Policy*, 7(1), 95-105.
- Solow, R.M. (1957). "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, 39(3):312.20.
- Tinbergen, J. (1942). "Zur Theorie der langfristigen Wirtschaftsentwicklung", *Weltwirtschaftliches Archiv*, 55,511-549.
- Tinoco-Zermeno, M.A., Venegas-Martínez, F. ve TorresPreciado, V.H. (2014). "Growth, Bank Credit, and Inflation in Mexico: Evidence from an ARDL-Bounds Testing Approach", *Latin American Economic Review*, 23(1), 1-22.
- Toda, H.Y. ve Yamamoto, T. (1995). "Statistical Inference in Vector Auto Regressions with Possibly Integrated Processes", *Journal of Econometrics*, 66, 225-250.
- Uçan, O. ve Çebe, G.N. (2018). "2008 Krizi Öncesi ve Sonrası Türkiye'de Ekonomik Büyüme, İşsizlik ve Enflasyon İlişkisi", *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(3).
- Vergil, H. ve Abasız, T. (2008). "Toplam Faktör Verimliliği, Hesaplanması ve Büyüme İlişkisi: Collins Bosworth Varyans Ayrıştırması", *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (16), 160-188.
- Zivot, E. ve Andrews, D.W.K. (1992). "Further Evidence on the Great Crash, The Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis", *Journal of Business & Economic Statistic*, 10, 251-270.



STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

