

Makro İktisat: Teori, Metodoloji ve Uygulama

**Editör
Doç. Dr. Melahat Batu Ağırkaya**

Makro İktisat: Teori, Metodoloji ve Uygulama

Editör

Melahat Batu Ağırkaya

İmtiyaz Sahibi
Platanus Publishing®

Editör
Doç. Dr. Melahat Batu Ağırkaya

Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya
Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım
Ekim, 2025

Yayımcı Sertifika No
45813

ISBN
978-625-8210-52-1

©copyright
Bu kitabın yayım hakkı Platanus Publishing'e aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin alınmadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Adres: Natoyolu Cad. Fahri Korutürk Mah. 157/B, 06480, Mamak,
Ankara, Türkiye.

Telefon: +90 312 390 1 118
web: www.platanuspublishing.com
e-mail: platanuskita@gmail.com



Platanus Publishing®

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1.....	5
Türkiye'nin AB 27 Ülkelerine Ham Çelik İhracatı ve Dış Ticaret Açığının Karbon Emisyonlarına Etkisi: ARDL Yaklaşımı	
Zeliha Semra Kılınç	
BÖLÜM 2.....	25
İktisadi Büyümenin Matematiksel Temelleri: Üretim Fonksiyonları	
Sabri AZGÜN	
BÖLÜM 3.....	41
Almanya'da Havayolu Taşımacılığı ve Ekonomik Büyüme: Yük ve Yolcu Taşıma Dinamiklerinin Analizi	
Fatih Akın & Hakan Ateş	
BÖLÜM 4.....	57
Havacılık Sektörünün Makro Ekonomik Etkileri: Gelişmelerin Gölgesinde Uçak Kazaları	
Melahat Batu Ağırkaya	
BÖLÜM 5.....	69
Adil Ücret-Kâr Enflasyonu İlişkisi	
Başak Gül Akar	
BÖLÜM 6.....	83
Yapay Zekâ Modelleri ile Döngüsel Ekonomi Göstergelerinin İncelenmesi	
Nuh Okumuş	



BÖLÜM 1

Türkiye'nin AB 27 Ülkelerine Ham Çelik İhracatı ve Dış Ticaret Açığının Karbon Emisyonlarına Etkisi: ARDL Yaklaşımı

Zeliha Semra Kılınç¹

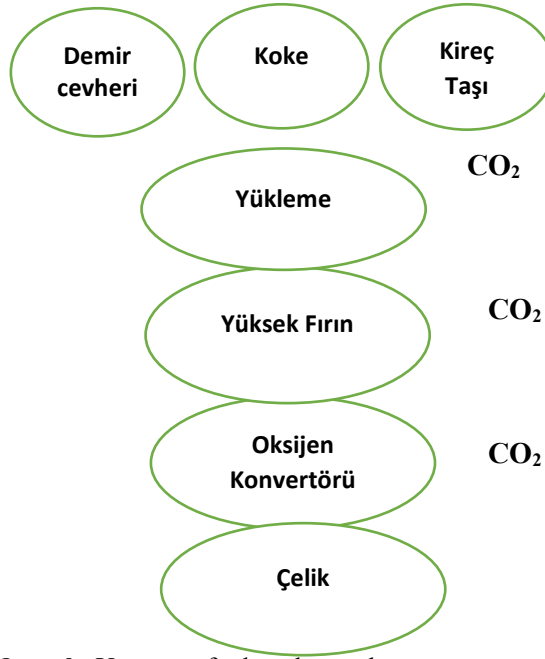
1. Giriş

Dünyada her geçen gün artan küresel ısınma, başta iklim değişikliği üzerindeki etkileri ile araştırmalara konu olmaktadır. Günümüzde çevreye verilen zararlar birlikte küresel ısınmanın yarattığı iklim değişikliğini kontrol altına almak ve yaşanabilecek doğa felaketlerinin önüne geçmek zorunlu hale gelmiştir. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından 1972 yılında Stockholm Konferansı'nda çevre sorunları ilk kez küresel olarak dile getirilmiş devamında ise 1988 yılında BM çatısı altında Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli kurulmuş raporlamalara başlanmıştır. 1992 yılında Rio Zirvesinde Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kabul edilmiş ve ülkeler gerçek manada sorumluluk üstlenmişlerdir. Süreç devamında 1997 yılında Japonya'nın Kyoto şehrinde gerçekleştirilen konferansta ilk defa ülkelere sera gazı salınımı azaltma hedefi sayısal olarak verilmiştir. Bu bağlamda Kyoto Protokolü imzalanmıştır. Kyoto Protokolünde ülkelere verilen sayısal hedeflerin gerçekleştirilmesine olanak sağlayan üç farklı esneklik mekanizması oluşturulmuştur. Esneklik mekanizmalarından önem arz eden Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) ile ülkeler ya da şirketler için belirlenen emisyon kotalarının, karbon piyasasında alınıp satılabilmesi yoluyla sera gazı emisyonunun azaltımı hedeflenmiştir. 2005 yılında ise Avrupa Birliği (AB) ETS kurulmuştur. 2015 yılında imzalanan Paris İklim Anlaşması ile tüm ülkeleri kapsayan küresel ısınmayı 1,5-2 santigrat derece azaltma hedefi açıklanmıştır. Paris İklim Anlaşması'na taraf olan ülkelerde her yıl farklı bir ülkede Taraflar Konferansı adı altında müzakereler devam etmektedir. Bu müzakerelerden 2019 yılında alınan karar neticesinde Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM) iklim nötrlüğü hedefi, ticaret ve sanayi politikalarını da içine alan en kapsamlı bölgesel girişim olması özelliği ile dikkat çekmiştir. AYM kapsamında hazırlanan Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM), 2005 yılında kurulan ETS mekanizması devamı niteliğinde olduğu söylenebilir. SKDM ile yüksek karbon salınımına neden olan öncelikli beş sektör belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla Çimento, Demir-Çelik, Alüminyum, Enerji ve

¹ Öğretim Görevlisi Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Yenipazar Meslek Yüksek Okulu, Finans Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, Aydın, Türkiye
ORCID: :0000-0001-9837-1587

Gübre sektörleridir. İlgili beş sektörde sera gazı salınımı üretim sürecinden kaynaklanmakta ve çelik sektörünün ele alındığı bu çalışmada karbon emisyonuna neden olan ham çelik üretimi temelinde araştırılmıştır. Çelik sektöründe sera gazı emisyonlarının en yoğun şekilde ortaya çıktığı aşama, ham çelik üretim sürecidir.

Şekil 1. Ham Çelik Üretim Şeması

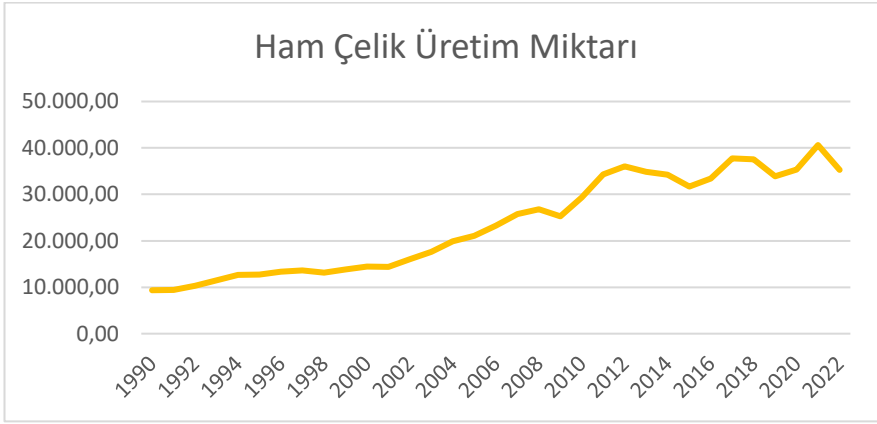


Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 1’de gösterildiği gibi demir cevheri, yüksek fırınlarda kok kömürüyle indirgenerek ham demir elde edilmekte, ardından bazik oksijen fırınlarında çeliğe dönüştürülmektedir. Yüksek fırın–bazik oksijen fırını (BF-BOF) yöntemi, fosil yakıt yoğun yapısı nedeniyle son derece karbon yoğundur ve dünya genelinde ton ham çelik başına yaklaşık 2,2–2,3 tCO₂ emisyon üretmektedir (Institute for Energy Economics and Financial Analysis [IEEFA], 2022). Buna karşın, elektrikli ark ocakları (EAF), özellikle hurda çelik kullanıldığında daha düşük emisyon profiline sahiptir ve ton başına yalnızca 0,66–0,7 tCO₂ düzeyine kadar düşebilmektedir (Russell, 2025). Bu farklılık, BF-BOF rotasının karbon yoğunluğunu ortaya koyarken, EAF rotasının daha sürdürülebilir bir alternatif olduğunu göstermektedir. Türkiye gibi her iki yöntemi de kullanan ülkelerde, çelik sektöründeki karbon yönetimi stratejilerinin başarıya ulaşması için bu üretim farklılıklarının dikkate alınması kritik öneme sahiptir.

Türkiye ekonomisinde stratejik bir konuma sahip olan çelik sektörü hem sanayileşmenin temel girdilerini sağlaması hem de dış ticaretteki yüksek payı nedeniyle kritik bir öneme sahiptir. İnşaat, otomotiv, makine, beyaz eşya ve savunma gibi birçok sektöre ara malı sağlayarak ekonominin üretim kapasitesini destekleyen çelik sanayi, Türkiye'nin sanayi üretiminin omurgasını oluşturmaktadır. Bu nedenle, sektörün zaman içerisindeki gelişimini daha net ortaya koyabilmek amacıyla, Türkiye'nin 1990–2022 döneminde ham çelik üretim miktarlarını gösteren grafik Şekil 2'de aşağıda sunulmuştur.

Şekil 2 Türkiye Ham Çelik Üretim Miktarı (Kt) 1990-2022



Kaynak: Veriler UNFCCC GHG Data Interface'den alınmıştır (UNFCCC, 2024).

1990- 2022 yılları arasındaki Türkiye'nin ham çelik üretim miktarının gösterildiği Şekil 2'de 2008 yılına kadar üretimin artarak devam ettiğini krizler nedeniyle bazı yıllarda düşme gerçekleşse de genel itibariyle yıllar içinde üretimin arttığını göstermektedir.

Öte yandan Türkiye, dünyanın önde gelen çelik üreticilerinden biri olarak özellikle Avrupa Birliği ülkelerine ihracatta güçlü bir konuma sahiptir. Bu durum, çelik sektörünü yalnızca ekonomik büyüme ve istihdam açısından değil, aynı zamanda küresel rekabet gücü ve dış ticaret dengesi bakımından da hayati hale getirmektedir.

Tablo 1 Dünya ve Avrupa Ülkelerine Çelik İhracat Miktarı (Ton)

YIL	DÜNYA	AB 27
1990	648.934,26	57.225,90
1991	619.439,25	44.464,56
1992	465.759,24	29.687,01
1993	476.677,67	28.560,83
1994	697.108,00	62.919,25
1995	1.001.428,90	108.316,80
1996	847.204,43	80.505,50
1997	1.170.793,28	158.035,60
1998	1.218.148,03	191.611,08
1999	1.197.900,85	254.663,43
2000	1.457.977,75	327.743,46
2001	2.119.624,78	363.659,01
2002	2.567.016,17	367.737,32
2003	2.244.070,00	461.976,98
2004	2.848.639,08	658.033,93
2005	3.255.466,63	639.222,46
2006	3.956.123,92	815.518,21
2007	4.278.494,60	1.125.605,83
2008	4.770.094,98	1.082.958,54
2009	4.375.864,67	673.150,12
2010	4.721.827,81	676.702,40
2011	4.883.865,98	824.267,11
2012	5.651.171,75	705.206,84
2013	5.715.632,04	683.684,37
2014	5.861.482,12	772.125,20
2015	5.665.107,60	792.102,01
2016	2.350.725,26	779.427,85
2017	5.427.788,95	1.064.053,03
2018	6.280.079,59	1.265.864,81
2019	7.104.730,47	1.214.531,17
2020	7.069.528,48	1.286.400,78
2021	7.177.840,58	1.453.211,58
2022	4.194.330,00	2.113.966,00

Kaynak: UN Comtrade veri tabanından alınmıştır (United Nations Statistics Division, 2025).

Türkiye'nin sanayi ürünleri ihracat kalemleri arasında önemli bir yer tutmaktadır. En önemli ithalatçıları arasında AB 27, Orta Doğu ve Körfez ülkeleri yer almaktadır. Tablo 1'deki 1990-2023 yılları arasında Türkiye'nin toplam ve AB 27 ülkelerine gerçekleşen ihracat miktarları incelendiğinde her ikisinde de 2021 yılına kadar zaman zaman yaşanan dalgalanmalarla birlikte genel anlamda artış içinde olduğunu söylemek mümkündür. Özellikle sırasıyla 2019, 2020 ve 2021 yılları incelendiğinde Türkiye'nin toplam sektör ihracatının beşte birinin AB 27 ülkelere gerçekleştiği görülmektedir (Kılınç, 2024). Öte yandan sektörün yüksek enerji tüketimi ve karbon yoğun üretim yapısı, iklim değişikliğiyle mücadele politikaları ve AB'nin Sınırdan Karbon Düzenleme Mekanizması çerçevesinde Türkiye açısından yeni zorluklar ve uyum gereklilikleri doğurmaktadır.

Bu bağlamda çalışmanın temel amacı, Türkiye’den Avrupa Birliği’ne yapılan ham çelik ihracatının karbon emisyonları üzerindeki etkisini ampirik olarak incelemektir. Çalışma, Türkiye’nin dış ticaret yapısının iklim politikaları ile nasıl etkileşime girdiğini ortaya koymayı ve özellikle SKDM sürecinde çelik ihracatının sürdürülebilirliğine ilişkin bulgular sunmayı hedeflemektedir. Ayrıca üretim ve dış ticaret dengesinin emisyonlar üzerindeki yansımalarını analiz ederek, politika yapıcılara düşük karbonlu dönüşüm stratejilerinin tasarlanmasında yol gösterici olmayı amaçlamaktadır. Üç bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde girişe, ikinci bölümünde literatür taramasına, üçüncü bölümünde ise ampirik uygulama ve bulgulara yer verilmiştir.

2. Literatür

Dünya literatürü incelendiğinde genellikle çalışmaların odağında karbon emisyonunu etkileyen değişkenlerle gerçekleştirilen analizler ile karbon emisyonunun belirleyicileri araştırılmıştır. Ancak spesifik olarak ham çelik özelinde ihracatın yaratmış olduğu emisyon ile ilişkisini araştıran çalışmaya rastlanılmamıştır. Çalışma bu noktada AB 27 ülkelerine gerçekleştirilen ham çelik ihracatının karbon emisyonuna olan etkisini inceleyerek literatürdeki boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Karbon emisyonunun belirleyicilerinin araştırıldığı birçok çalışmada öncelikle ekonomik büyüme ile ilişkisi incelenmiştir. Ekonomik büyüme ile karbon emisyonunun ilişkisinin araştırıldığı çalışmalarda büyüme arttıkça çevreye verilen zararın arttığı yönündedir. Öte yandan bu çalışmalar çoğunlukla Çevresel Kuznets Eğrisi Modeli ile ilişkilendirilmektedir. Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) modeli, karbon emisyonlarının ekonomik büyümenin erken aşamalarında artacağını, ancak belirli bir aşamadan sonra teknolojik ilerleme ve ekonomik büyümenin beraberinde getirdiği çevre politikalarının uygulanmasıyla karbon emisyonlarının kademeli olarak azalarak ters U şeklinde olduğunu öne sürmektedir. Ancak bu model farklı ülke bölge ve zaman dilimlerindeki ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasındaki dinamik değişimleri etkili bir şekilde açıklamak için yetersiz kalmaktadır (Khan vd., 2022). Küresel ekonomik yapının değişmesi, enerji teknolojisinin ilerlemesi ve politikaların sürekli olarak uyarlanmasıyla birlikte geleneksel modellerin sınırlılıkları giderek daha belirgin hale gelmiştir. Özellikle farklı ülkelerin ve bölgelerin karmaşık ekonomik arka planları söz konusu olduğunda, modelin genelliği ve öngörü doğruluğu ciddi şekilde sorgulanmaktadır (Sharif ve Tauqir 2021; Khan vd., 2023).

Bu bağlamda Cole (2006), çalışmasında EKC’nin her zaman ters U biçimli bir ilişki ortaya koymadığını, farklı türlerde doğrusal olmayan ilişkiler sergileyebileceğini vurgulanmaktadır. Ayrıca gelişmiş ülkelerde karbon emisyonları ile ekonomik büyüme arasında anlamlı bir ters U şeklinde ilişki bulunduğunu, ancak gelişmekte olan ülkeler için bu ilişkinin daha karmaşık

olduğunu ve pozitif yönde olabileceğini ya da belirsizlik gösterebileceğini ortaya koymuştur (Tang vd., 2022). Bu nedenle, geleneksel ekonomi-çevre modeli, farklı ülke ve bölgelerde ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasındaki çeşitlilik gösteren ilişkiyi tam olarak açıklayamamaktadır. EKC modeline ek olarak, regresyon analizi ve zaman serisi analiz yöntemleri de karbon emisyonu tahmini ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi modellemek için yaygın şekilde kullanılmaktadır. Klasik bir istatistiksel yöntem olarak regresyon analizi, ekonomik faaliyetler ile karbon emisyonları arasındaki doğrusal veya doğrusal olmayan ilişkiyi incelemek için sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin, bazı araştırmacılar panel veri regresyon analizi yöntemlerini kullanarak ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasındaki nedensel ilişkiyi incelemiş ve ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasında uzun dönemli bir eşgüdümlü etki bulunduğunu ortaya koymuşlardır (Xu ve Yang, 2019). Azam vd. (2016), seçilmiş yüksek CO₂ emisyonuna sahip ekonomilerin profili üzerinden CO₂ emisyonu ile temsil edilen çevre bozulmasını incelemiş ve Çin, Japonya ve ABD’de CO₂ emisyonları ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Yousefi-Sahzabi vd. (2011), İran’daki CO₂ emisyonu ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmış ve güçlü pozitif bir korelasyon tespit etmiştir. 2017 yılında 31 gelişmekte olan ülke üzerinde yapılan bir çalışmada, ekonomik büyümenin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Dinamik panel eşik modeli kullanılarak yapılan analizde, büyüme ile CO₂ emisyonu arasında anlamlı bir bağ bulunmuş; düşük büyüme rejiminde ekonomik büyümenin CO₂ emisyonu üzerinde olumsuz, yüksek büyüme rejiminde ise olumlu bir etkisi olduğu ortaya konmuştur (Aye ve Edoja, 2017). Zaman içinde ekonomik büyümenin karbon emisyonu ile ilişkisini araştıran çalışmalar geliştirilerek enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbon emisyonu ilişkisi araştırılmıştır. Araştırmalara göre üretim süreçlerinde kullanılan enerji miktarı arttıkça emisyon salınımı da artmaktadır. Enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisini inceleyen çalışmaların bulguları genellikle benzer sonuçlarla enerji tüketiminin karbon emisyonunu artırdığı yönündedir. Örneğin, BRIC ülkeleri için Li (2022) ile Pao ve Tsai (2010), uzun dönem dengesinde enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bu bakış açısıyla, Bouznit ve Maria del (2016) Cezayir’de, Lešáková ve Ondřej (2018) ise Çekya’da aynı sonuçları doğrulamıştır. İsrail için Magazzino (2015), reel gayrisafi yurtiçi hasılanın hem enerji kullanımını hem de CO₂ emisyonunu etkilediğini vurgulamaktadır. Benzer şekilde Halicioğlu (2009) da ekonomik büyümenin enerji tüketimiyle yakından ilişkili olduğunu ve büyümedeki artışın daha yüksek CO₂ emisyonlarına yol açtığını göstermiştir.

Öte yandan SKDM incelenerek sektörlere yansiyacak ek maliyetlerin hesaplandığı çalışmalarda bulunmaktadır. Örneğin, Saraçoğlu (2025) Avrupa

Birliği'nin 2026 itibarıyla uygulamaya koyacağı SKDM kapsamında Türk demir-çelik sektörünün karşı karşıya kalacağı maliyetleri hesaplamaktadır. Çalışmada, demir-çelik ihracatında SKDM kaynaklı ek maliyetlerin ton başına 150 €/tCO₂e düzeyinde fiyat varsayımıyla oldukça yüksek olacağı, 10 ton çelik ihracatında maliyetin %37'ye varabileceği belirtilmektedir. Bu maliyetlerin sektörün rekabet gücünü zayıflatacağı ve ihracatta ciddi kayıplara yol açabileceği öngörülmektedir. Ayrıca, Türkiye'nin ulusal düzeyde karbon fiyatlandırması uygulaması halinde, demir-çelik sektörünün SKDM'den kaynaklanan mali yükünün kısmen azalabileceği vurgulanmaktadır. Acar vd. (2022) çalışması da benzer sonuçlara ulaşarak SKDM kapsamında Türk çelik sektörünün en yüksek risk altında olan sektörlerden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Çelik sektörü, karbon yoğun üretim yapısı nedeniyle AB'ye ihracatta en büyük maliyet baskısıyla karşılaşacak ve bu durum sektörün rekabet gücünü ciddi biçimde zayıflatacaktır. Modelleme sonuçlarına göre, SKDM'nin uygulanması çelik ihracatında belirgin bir daralmaya yol açarken, Türkiye'nin kendi karbon fiyatlandırma sistemini hayata geçirmesi halinde bu maliyetlerin önemli ölçüde azaltılabileceği ve elde edilen gelirle sektörün düşük karbonlu teknolojilere yönlendirilerek rekabet avantajının korunabileceği vurgulanmaktadır. Benzer şekilde Bedir (2024) çalışması AB'nin sınırda karbon düzenlemesinin Türkiye'nin demir-çelik ve alüminyum sektörlerinde rekabet gücünü zayıflatarak açıklanmış karşılaştırmalı üstünlük endeksini düşürdüğünü ve ihracat gelirlerini olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır

3. Ampirik Uygulama ve Bulgular

3.1 Yöntem

Ekonomik değişkenler arasındaki ilişkilerin ortaya konmasında çeşitli ekonometrik analiz tekniklerinden faydalanılmaktadır. Özellikle kısa ve uzun dönem bağlarının araştırılmasında Engle ve Granger (1987), Johansen (1988) ile Johansen ve Juselius (1990) gibi çeşitli eşbütünleşme yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak bu çalışmada, değişkenlerin durağanlık seviyeleri göz önünde bulundurularak, otoregresif dağıtılmış gecikmeler (ARDL) sınır testi tercih edilmiştir. Geleneksel eşbütünleşme testleri, serilerin aynı mertebeden durağan olmasını gerektirirken, ARDL yöntemi böyle bir zorunluluk getirmez; başka bir deyişle, serilerin I(0) ya da I(1) düzeyinde olması durumunda da eşbütünleşme ilişkisinin varlığı araştırılabilir (Sharifi-Renani, 2007:3). Bununla birlikte, yöntemin uygulanabilirliği açısından bağımlı değişkenin I(1), bağımsız değişkenlerin ise I(0) ve/veya I(1) düzeyinde durağanlık göstermesi gerekmektedir (Pesaran vd. 2001:290). ARDL tekniğinin bir diğer avantajı da küçük örneklem hacmine sahip veri setlerinde uygulanabilirliği yüksek ve diğer geleneksel eşbütünleşme testlerine göre (Engle ve Granger 1987; Johansen 1988, 1990) daha tutarlı ve güvenilir sonuçlar üretmesidir (Narayan & Smyth

2005:103). Ayrıca Narayan ve Smyth (2005) da bu yöntemin küçük örneklem durumlarında daha güvenilir çıktılar sunduğunu vurgulamaktadır.

Çalışmada kullanılan değişkenlere ait serilerin durağanlıkları Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) Birim Kök testleriyle araştırılmıştır. Durağanlık analizlerinin ardından eşbütünleşme testi gerçekleştirilmiş böylece değişkenler arasındaki ilişkilerin uzun ve kısa dönemdeki ilişkiler tespit edilmiştir. Tespit edilen test sonuçlarına göre kısa ve uzun dönem katsayı yorumlamaları gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan model aşağıdaki denklem 1'deki gibidir.

$$\log ems_t = \beta_0 + \beta_1 \log product_t + \beta_2 \log NXM_t + \beta_3 \log export + \varepsilon_t \quad (1)$$

Peseran vd. (2001) Denklem 1'de ifade edilen uzun dönemli ilişkinin, sınır testi yaklaşımı ile tahmin edilebileceği bir yöntem ortaya koymuşlardır. Söz konusu yöntem, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin kısıtsız hata düzeltme modeli yardımıyla tahmine dayanmaktadır. Bir ARDL modeli Denklem 2'de gösterilmiştir.

$$\Delta Y_t = \mu + \rho_Y Y_{t-1} + \rho_X Z_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} a_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} \beta_i \Delta Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

3.2 Veri Seti

Çalışmada Türkiye'de ham çelik üretiminden kaynaklı CO₂ emisyon miktarı, ham çelik üretim miktarı, dış ticaret açığı ve Türkiye'den AB 27 ülkelerine ham çelik ihracatı arasındaki ilişki incelenmektedir. Başka bir ifadeyle Türkiye'den AB 27 ülkelerine gerçekleştirilen ham çelik ihracatının karbon emisyonu üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. SKDM kapsamında öncelikli yüksek karbon salınımı yapan beş sektörden birinin çelik sektörü olması ve çelik sektöründe en büyük karbon salınımının ham çelik üretim aşamasında oluşması nedeniyle çalışmada ham çelik ele alınmıştır. Çelik sektöründe dünya ticaretinde önemli aktörlerden biri olan Türkiye'nin hem ihracat gerçekleştirdiği ülkelerin büyük ölçüde AB 27 ülkeleri olması hem de SKDM uygulamasının getireceği ek maliyetler olması nedeniyle ihracat değişkeni yalnızca AB 27 ülkeleri özelinde ele alınmıştır. Bu kapsamda ham çelik emisyonu bağımlı değişken iken ham çelik üretimi, dış ticaret açığı ve ham çelik ihracatı bağımsız değişken olarak modelde yer almaktadır.

Oluşturulan modele ait denklem aşağıdaki gibidir;

Ham Çelik Emisyonu = f (Ham Çelik Üretimi, Dış Ticaret Açığı, Ham Çelik İhracatı)

Tablo 2 Modelde Kullanılan Değişkenler ve Tanımları

KISALTIMA	TANIM	DEĞER	KAYNAK
lems	Ham çelik Emisyon Miktarı	Logaritmik	UNFCCC
lproduct	Ham Çelik Üretim Miktarı	Logaritmik	UNFCCC
lnxm	Toplam Dış Ticaret Hacminin GSYH İçindeki Oranı	Logaritmik	Worldbank
lexport	AB'ye Ham Çelik İhracat Miktarı	Logaritmik	Comtrade

Analizde kullanılan değişkenlere ait bilgilerin yer aldığı Tablo 2’de verilerin kaynakları 1990-2022 dönemini kapsamaktadır. Ham çelik emisyon miktarı ve ham çelik üretim miktarı Türkiye’nin sera gazı envanter verileri UNFCCC’nin (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2024) GHG Data Interface veri tabanından elde edilmiştir. Emisyon verilerinin son yayınlanma tarihi 2022 olması dolayısıyla verilerde tarih sınırlandırması söz konusudur. Toplam dış Ticaret hacminin GSYH içindeki oran verisi Dünya Bankası data setinden, ihracat miktarı ise UN Comtrade veri tabanından elde edilmiştir.

Tablo 3 Tanımlayıcı İstatistikler

	LEMS	LPRODUCT	LNXM	LEXPORT
Ortalama	8.961890	9.963757	3.872345	12.88294
Medyan	8.895973	10.05651	3.886969	13.41972
Maksimum	9.413264	10.61207	4.396547	14.56408
Minimum	8.599664	9.143773	3.416940	10.25979
Standart Sapma	0.271414	0.480690	0.221712	1.213082
Çarpıklık	0.248566	-0.220911	-0.178554	-0.868097
Basıklık	1.552651	1.548898	3.327475	2.546839
Jarque-Bera	3.220194	3.163743	0.322803	4.427118
Olasılık	0.199868	0.205590	0.850950	0.109311

Tablo 3’de gösterilen tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, LEMS değişkeni ortalama 8,96 ve düşük standart sapma (0,27) ile görece istikrarlı bir dağılım sergilemektedir; çarpıklık değerinin pozitif olması serinin sağa hafif eğimli olduğunu, basıklığın 3’ün altında olması ise normal dağılıma göre daha basık bir yapıya işaret etmektedir. LPRODUCT için ortalama 9,96 ve standart sapma 0,48 olup serinin değişkenliği LEMS’e göre daha yüksektir; negatif

çarpıklık ve düşük basıklık değeri serinin sola eğimli ve yayvan bir dağılım sergilediğini göstermektedir. LNXM değişkeninde ortalama 3,87 ve standart sapma 0,22 ile görece düşük oynaklık söz konusudur; çarpıklık değeri negatif, basıklık ise normale yakın (3,32) olup dağılımın simetriye yakın ve normale daha uygun olduğunu göstermektedir. LEXPORT değişkeni ise ortalama 12,88 ve en yüksek standart sapma (1,21) ile diğer serilere kıyasla daha volatil bir yapıdadır; negatif çarpıklık serinin sola eğimli olduğunu, basıklığın 2,54 olması ise normal dağılıma yakın ancak biraz daha basık bir şekilde işaret etmektedir. Jarque-Bera test sonuçları tüm değişkenler için %5 anlamlılık düzeyinde normal dağılım varsayımını reddetmemekte, yani serilerin normal dağılıma uyumlu olduğu görülmektedir.

3.3 Ampirik Bulgular

Tablo 4 Birim Kök Test Sonuçları

		Değişkenler	ADF	PP
Düzey	Sabit	LEMS	-2.698974(8)***	-0.748578(3)
		LPRODUCT	-1.761807(2)	-1.617248(4)
		LNXM	3.988559(7)	-0.654303(9)
		LEXPORT	-0.895609(0)	-0.870977(3)
	Sabit+Trend	LEMS	-1.844797(8)	-2.143643(3)
		LPRODUCT	-0.039839(2)	-1.104813(1)
		LNXM	1.577141(8)	-2.125586(6)
		LEXPORT	-2.887174(4)	-1.524753(0)
Birinci Fark	Sabit	LEMS	-2.397436(2)	-5.770445(3)*
		LPRODUCT	-2.380518(2)	-4.259664(3)*
		LNXM	-4.881174(1)*	-5.055798(10)*
		LEXPORT	-3.515961(2)**	-4.896621(1)*
	Sabit+Trend	LEMS	-2.185256(2)	-5.7445714(3)*
		LPRODUCT	-5.133232(1)*	-4.497268(5)*
		LNXM	-3.594500(2)**	-4.934434(10)*
		LEXPORT	-4.530266(2)*	-4.914166(3)*

*, **, *** sembolleri, sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam düzeylerinde serilerin durağan olduğunu göstermektedir. Parantez içerisinde yer alan değerler, ADF testinde gecikme uzunluğunun Akaike Bilgi Kriteri'ne göre, PP testinde ise Bartlett Kernel Newey-West Bandwidth yöntemiyle belirlendiğini ifade etmektedir.

Tablo 4'te ADF ve PP birim kök test sonuçlarına göre serilerin durağanlık yapıları değerlendirildiğinde, değişkenlerin tamamının düzey değerlerinde durağan olmadıkları, ancak birinci farkları alındığında durağan hale geldikleri görülmektedir. Hem sabitli hem de sabit-trendli modellerde elde edilen test istatistikleri, %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde birim kökün reddedildiğini göstermektedir. Bu bulgular, tüm değişkenlerin I(1) düzeyinde bütünleşik olduklarını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, serilerin aynı mertebeden durağanlık göstermemeleri nedeniyle geleneksel eşbütünleşme testleri yerine, I(0) ve I(1) karışımını dikkate alabilen ARDL sınır testi yönteminin kullanılmasının uygun olacağı sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 5 Sınır Test İstatistiği

	F İstatistiği	Kritik Değer	
K	3	Alt Sınır	Üst Sınır
F-istatistiği	12.86970	2.67	3.58
Tanısal Testler			
	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	
Breusch Pagan Godfrey	0.981957	0.5028	
Ramsey Reset	1.119273	0.2806	
Breusch Godfrey	2.223794	0.1450	
Jarque-Bera Normallik Testi	0.909381	0.634644	
R ²	0.992281		
Düzeltilmiş R ²	0.986492		

Not: *k, bağımsız değişken sayısıdır. Kritik değerler Pesaran vd. (2001:300)'deki Tablo CI(iii)'ten alınmıştır. Kritik değerler %1 önem düzeyindeki kritik değerlerdir.

Tablo 5'teki sonuçlara göre, F-istatistiği (12.86), %1 anlamlılık düzeyindeki üst sınır kritik değerini (3.58) oldukça aşmaktadır; bu da değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin güçlü biçimde doğrulandığını göstermektedir. Tamamlayıcı testler modelin geçerliliğini desteklemektedir: Breusch-Pagan Godfrey testi hata terimlerinde değişen varyans olmadığını, Ramsey Reset testi modelin doğru kurulduğunu, Breusch-Godfrey testi otokorelasyon bulunmadığını ve Jarque-Bera testi hata terimlerinin normal dağıldığını ortaya koymaktadır. Ayrıca yüksek R² (0.99) ve düzeltilmiş R² (0.98) değerleri, modelin bağımlı değişkeni açıklama gücünün son derece yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 6 Uzun Dönem Sonuçlar

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	Olasılık
LPRODUCT	1.050112	0.053469	19.63956	0.0000
LNXM	-0.199561	0.065978	-3.024659	0.0081
LEXPORT	-0.148331	0.016357	-9.068097	0.0000
C	1.157871	0.270104	4.286758	0.0006

Tablo 6'daki uzun dönem katsayı sonuçları incelendiğinde, LPRODUCT değişkeninin katsayısı pozitif (1.05) ve yüksek derecede anlamlıdır; bu durum üretimdeki artışın emisyonları güçlü biçimde artırdığını göstermektedir. Buna karşılık LNXM değişkeni negatif katsayıya (-0.19) sahip olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur; bu da dış ticaret açığındaki genişlemenin emisyonları azalttığını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, LEXPORT değişkeninin katsayısı da negatif (-0.14) ve oldukça anlamlıdır; ihracattaki artışın uzun dönemde emisyonları düşürdüğü anlaşılmaktadır. Sabit terim de pozitif ve anlamlıdır. Genel olarak, uzun dönem analiz sonuçları üretim faaliyetlerinin emisyonları artırıcı, dış ticaret açığı ve ihracatın ise azaltıcı etkiler yarattığını ortaya koymaktadır.

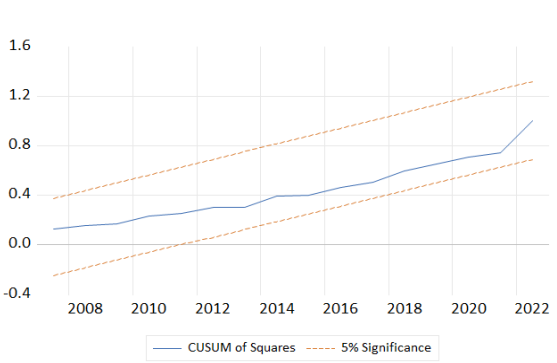
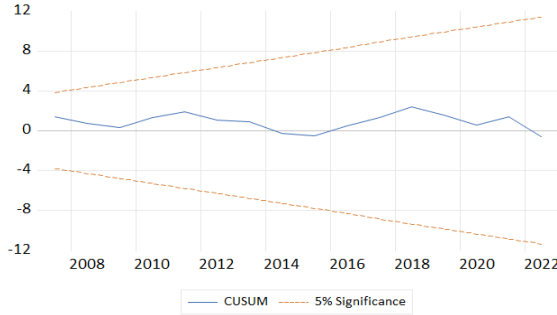
Tablo 7 Kısa Dönem Sonuçlar

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	Olasılık
D(LPRODUCT)	0.759768	0.079476	9.559692	0.0000
D(LPRODUCT(-1))	-0.367760	0.113156	-3.250035	0.0050
D(LPRODUCT(-2))	-0.259467	0.106647	-2.432947	0.0271
D(LPRODUCT(-3))	-0.536526	0.126405	-4.244492	0.0006
D(LEXPORT)	-0.034496	0.025268	-1.365167	0.1911
D(LEXPORT(-1))	0.168766	0.024242	6.961800	0.0000
D(LEXPORT(-2))	0.102833	0.028538	3.603403	0.0024
D(LEXPORT(-3))	0.091416	0.022431	4.075458	0.0009
CointEq(-1)*	-1.132790	0.126306	-8.968592	0.0000

Tablo 7'deki kısa dönem sonuçlarına göre, LPRODUCT değişkeninin katsayısı pozitif (0.75) ve oldukça anlamlıdır; bu da üretimdeki artışın kısa dönemde emisyonları artırdığını göstermektedir. LPRODUCT gecikmeli değerleri negatif ve anlamlı çıkmış, bu da üretimdeki artışların kısa vadede emisyonu artırmasına rağmen sonraki dönemlerde dengeleyici etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. LEXPORT değişkeninin cari dönem katsayısı istatistiksel olarak anlamsız olsa da gecikmeli değerleri (1., 2. ve 3. gecikmeler) pozitif ve anlamlı bulunmuştur; bu bulgu ihracatın kısa vadede emisyon azaltıcı etkisinin net şekilde ortaya çıkmadığını, aksine geçmiş dönemlerdeki ihracat artışlarının

emisiyonu artırdığını göstermektedir. Bununla birlikte, CointEq(-1) katsayısının negatif (-1.13) ve yüksek derecede anlamlı olması, modelde güçlü bir hata düzeltme mekanizmasının bulunduğunu ve uzun dönem dengesine kısa sürede dönüş sağlandığını kanıtlamaktadır. Genel olarak, kısa dönemde üretim artışı emisyonları yükseltirken, ihracatın etkisi uzun dönem bulgularındaki gibi azaltıcı değil, daha karmaşık bir dinamik göstermektedir.

Şekil 3 Cusum ve Cusum Square Test Sonuçları



Şekil 3'te verilen CUSUM ve CUSUMSQ test sonuçları incelendiğinde, her iki testin de %5 anlamlılık düzeyindeki sınırların içerisinde kaldığı görülmektedir. Bu bulgu, tahmin edilen ARDL modelinin parametrelerinin zaman boyunca istikrarlı olduğunu ve modelde herhangi bir yapısal bozulma ya da parametre dengesizliği bulunmadığını göstermektedir. Dolayısıyla, elde edilen kısa ve uzun dönem katsayılarının güvenilir ve geçerli olduğu teyit edilmektedir.

Sonuç

Çelik sektörü hem yüksek enerji yoğunluğu hem de dış ticaretteki stratejik rolü nedeniyle Türkiye ekonomisinin en kritik alanlarından biridir. Ancak bu sektör, üretim süreçlerinde ortaya çıkan yoğun karbon emisyonları nedeniyle iklim politikaları bağlamında ciddi bir baskı altındadır. Araştırmanın bulguları, Türkiye’de ham çelik üretiminin emisyonları güçlü biçimde artırdığını, buna karşın AB-27’ye yönelik ihracatın uzun dönemde azaltıcı etki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, ihracatın yalnızca ekonomik kazanımlar sağlamadığını; aynı zamanda üretim süreçlerinde verimliliği artırarak, teknolojik dönüşümü teşvik ederek ve çevresel standartlara uyumu zorunlu hale getirerek karbon salınımını sınırlandırabileceğini göstermektedir. Uzun dönem katsayılarının işaret ettiği bu etki, literatürde de destek bulunmaktadır. Antweiler, Copeland ve Taylor (2001) ihracatın artmasının ülkeleri daha verimli teknolojilere yönelttiğini ve ölçek ekonomileri sayesinde enerji yoğunluğunu azalttığını öne sürerken; Cole (2006) özellikle yüksek çevre standartları uygulayan pazarlara yapılan ihracatın çevresel kaliteyi artırıcı rolüne dikkat çekmektedir. Türkiye özelinde düşünüldüğünde, AB gibi karbon regülasyonlarının sıkı olduğu pazarlara yönelik ihracatın temiz üretim teknolojilerini teşvik etmesi, enerji verimliliği yatırımlarını artırması ve düşük karbonlu üretim yapısını desteklemesi mümkündür.

Bununla birlikte literatürde farklı sonuçlar da mevcuttur. Örneğin Li vd. (2017), Çin’in 2005–2014 döneminde çelik ticaretinde net CO₂ emisyon ihracatçısı olduğunu ve ihracat artışının gömülü emisyonları önemli ölçüde yükselttiğini tespit etmiştir. Bu karşılaştırma, Türkiye’de ihracatın uzun vadede emisyon azaltıcı etkisinin, ürün yapısındaki farklılıklar ve AB standartlarına uyum süreçleriyle yakından ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Çalışmanın sonuçları, çelik sektörünün gelecekteki rekabet gücünün yalnızca üretim hacmine değil, düşük karbonlu üretim teknolojilerine uyum kapasitesine bağlı olduğunu göstermektedir. Avrupa Birliği’nin 2026’da yürürlüğe girecek olan Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM), Türk çelik sektörü için ciddi riskler barındırmaktadır. Bu kapsamda ihracat kayıpları, maliyet artışları ve rekabet avantajının zayıflaması gibi sorunların yaşanması muhtemeldir. Bu nedenle Türkiye’nin ulusal düzeyde karbon fiyatlandırma mekanizmalarını hayata geçirmesi, enerji verimliliğini artıracak yatırımları desteklemesi ve elektrikli ark ocakları gibi daha düşük emisyonlu üretim yöntemlerini yaygınlaştırması kritik bir zorunluluk haline gelmiştir. Sonuç olarak, Türkiye’nin çelik sektöründe düşük karbonlu dönüşümü hızlandırması yalnızca iklim politikalarına uyum sağlamakla kalmayacak; aynı zamanda AB ile ticari ilişkilerde rekabet gücünü koruyarak sektörün uzun vadeli sürdürülebilirliğini de güvence altına alacaktır. Bu çalışma, politika yapıcılara SKDM sürecinde alınması gereken önlemler konusunda yol

gösterici çıkarımlar sunmakta ve karbon yoğun sektörlerde çevreye duyarlı dönüşümün ekonomik olduğu kadar çevresel açıdan da zorunlu olduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- Acar, S., Aşıcı, A. A., & Yeldan, A. E. (2022). Potential effects of the EU's carbon border adjustment mechanism on the Turkish economy. *Environment, Development and Sustainability*, 24(6), 8162–8194. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01779-1>
- Antweiler, W., Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2001). Is free trade good for the environment? *American Economic Review*, 91(4), 877–908. <https://doi.org/10.1257/aer.91.4.877>
- Aye, G. C., & Edoja, P. E. (2017). Effect of economic growth on CO₂ emission in developing countries: Evidence from a dynamic panel threshold model. *Cogent Economics & Finance*, 5, 1379239. <https://doi.org/10.1080/23322039.2017.1379239>
- Azam, M., Khan, A. Q., Abdullah, H. B., & Qureshi, M. E. (2016). The impact of CO₂ emissions on economic growth: Evidence from selected higher CO₂ emissions economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(7), 6376–6389. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5817-4>
- Beder, B. (2024). Sınırdaki karbon düzenlemesinin Türkiye ana metaller sektörünün rekabetçiliği üzerindeki etkisi: Türkiye-AB ülkeleri kapsamında analiz. *Akademik Hassasiyetler*, 11(25), 212–236. <https://doi.org/10.58884/akademik-hassasiyetler.1454891>
- Bouznit, M., & Pablo-Romero, M. de P. (2016). CO₂ emission and economic growth in Algeria. *Energy Policy*, 96, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.05.036>
- Cole, M. A. (2006). Does trade liberalization increase national energy use? *Economics Letters*, 92(1), 108–112. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2006.01.018>
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251–276. <https://doi.org/10.2307/1913236>
- Halicioglu, F. (2009). An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37, 1156–1164. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.012>
- Institute for Energy Economics and Financial Analysis. (2022). *Steel fact sheet*. IEEFA. Retrieved from <https://ieefa.org/sites/default/files/2022-06/steel-fact-sheet.pdf>
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2–3), 231–254. [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(88\)90041-3](https://doi.org/10.1016/0165-1889(88)90041-3)

- Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration – with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169–210. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.1990.mp52002003.x>
- Khan, I., Han, L., & Khan, H. (2022). Renewable energy consumption and local environmental effects for economic growth and carbon emission: Evidence from global income countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(9), 13071–13088. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16635-7>
- Khan, H., Liu, W. L., Khan, I., & Zhang, J. F. (2023). The nexus between natural resources, renewable energy consumption, economic growth, and carbon dioxide emission in BRI countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(13), 36692–36709. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24977-y>
- Kılınç, Z. S. (2024). *Türkiye'nin Avrupa Birliği'ne sektörel ihracatının sınırda karbon vergileri üzerine olası etkisinin yapay sinir ağlarıyla tahminlenmesi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Lešáková, P., & Dobeš, O. (2018). Economic growth and CO₂ emissions in the Czech Republic. In *Vision 2020: Sustainable economic development and application of innovation management from regional expansion to global growth*. Seville, Spain.
- Li, J., Ke, H., & Tang, L. (2017). Study on the CO₂ emissions embodied in the trade of China's steel industry: Based on the input–output model. *Energy*, 140, 731–740. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.019>
- Li, F., Chang, T., Wang, M.-C., & Zhou, J. (2022). The relationship between health expenditure, CO₂ emissions, and economic growth in the BRICS countries—Based on the Fourier ARDL model. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17900-w>
- Magazzino, C. (2015). Economic growth, CO₂ emissions and energy use in Israel. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 22(1), 89–97. <https://doi.org/10.5539/ijsd.v8n9p89>
- Narayan, P. K., & Smyth, R. (2005). Trade liberalization and economic growth in Fiji: An empirical assessment using the ARDL approach. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 10(1), 96–115. <https://doi.org/10.1080/1354786042000309092>
- Sharifi-Renani, H. (2007). Demand for money in Iran: An ARDL approach. *Munich Personal RePEc Archive (MPRA) Paper No. 11451*, 1–9. Retrieved from <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/11451/>

- Pao, H.-T., & Tsai, C.-M. (2010). CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. *Energy Policy*, 38(12), 7850–7860. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.045>
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>
- Russell, C. (2025, May 29). *Green steel is distant, expensive. Teal steel is coming: Russell*. Reuters. Retrieved from <https://www.reuters.com/markets/commodities/green-steel-is-distant-expensive-teal-steel-is-coming-russell-2025-05-29>
- Saraçoğlu, F. (2025). *Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması ve Türkiye'ye Olası Etkileri*. Ankara: İktisadi Araştırmalar Vakfı.
- Sharif, F., & Tauqir, A. (2021). The effects of infrastructure development and carbon emissions on economic growth. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 36259–36273. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13126-7>
- Tang, Y. L., Zhu, H. M., & Yang, J. (2022). The asymmetric effects of economic growth, urbanization and deindustrialization on carbon emissions: Evidence from China. *Energy Reports*, 8, 513–521. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.11.163>
- UNFCCC. (2024). Greenhouse Gas (GHG) Data Interface: Detailed data by party – Türkiye, annual greenhouse gas emissions (kt). United Nations Framework Convention on Climate Change. Retrieved August 25, 2025, from https://di.unfccc.int/detailed_data_by_party
- United Nations Statistics Division. (n.d.). *UN Comtrade Plus*. UN Comtrade. Retrieved June 15, 2025, from <https://comtradeplus.un.org/>
- World Bank. (2024). *Trade (net exports of goods and services % of GDP) – Türkiye*. Retrieved July 2025, from <https://data.worldbank.org/indicator/NE.TRD.GNFS.ZS?location=s=TR>
- Xu, Q., & Yang, R. (2019). The sequential collaborative relationship between economic growth and carbon emissions in the rapid urbanization of the Pearl River Delta. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(29), 30130–30144. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06124-2>
- Yousefi-Sahzabi, A., Sasaki, K., Yousefi, H., & Sugai, Y. (2011). CO₂ emission and economic growth of Iran. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 16(1), 63–82. <https://doi.org/10.1007/s11027-010-9252-z>



BÖLÜM 2

İktisadi Büyümenin Matematiksel Temelleri: Üretim Fonksiyonları

Sabri AZGÜN¹

Üretim, en geniş basit anlamıyla girdilerle mal ve hizmet üretme sürecidir. Böylece, üretim belirli bir üretim tekniği kullanarak, emek, sermaye, girişim ve doğal kaynakların kullanılması ile üretilen hasıla miktarı olarak tanımlanır. Üretim fonksiyonları, üretici ekonomik birimin çeşitli üretim teknikleri içinde en etkin olanının seçilmesi varsayımına dayanır.

Üretim fonksiyonu, bir üretici ekonomik birim (firma) tarafından kullanılan girdilerin miktarı ve üretilen hasıla miktarı arasındaki ilişkiyi, yani girdi-çıktı ilişkisini tanımlamanın matematiksel yöntemidir. Bir diğer deyişle, ekonomide üretim fonksiyonu üretimde kullanılan girdi miktarı ile elde edilen çıktı miktarları arasındaki ilişkiyi veren matematiksel denklemdir. Üretim, üretim faktörleri ile gerçekleştirilir. Doğal kaynaklar (toprak), işgücü, sermaye ve girişimcilik dört temel üretim faktörüdür. Neoklasik ekonomi, ekonomideki mal, çıktı ve gelir dağılımının arz ve talep yoluyla belirlenmesine odaklanır. Üretim fonksiyonu, büyüme teorilerinin özellikle ana akım neo-klasik büyüme teorilerinin temelini oluşturur. Çalışmada büyüme teorilerinin temelini teşkil eden temel üretim fonksiyonları açıklanmaktadır. Üretim fonksiyonlar çoğunlukla iki temel faktör üzerine kuruludur. Yani, iş gücü, sermaye ve hasıla arasındaki ilişkiyi tanımlar. Bu tanımlama klasik teoriden kadar geriye gider. Klasiklere göre doğal kaynaklar tanrının insanoğluna bir armağanıdır. Sermaye ise iş gücünün vasıtasıyla doğal kaynakların sermayeye dönüşmüş halidir. Klasik dönemde müteşebbis aynı zamanda işletmenin, sermaye mallarının sahibi olduğundan müteşebbis ayrı bir üretim faktör olarak kabul edilememiştir. Bu nedenle üretim fonksiyonu, genellikle $Y = F(K, L)$ şeklinde tanımlanmaktadır.

Çalışmada; fonksiyonlarını tanımlayan temel kavramlar ve temel üretim fonksiyonları ele alınmaktadır. Bu bağlamda çalışma dört alt bölümden mürekkeptir. Birinci alt bölümde üretim fonksiyonlarını tanımlayan kavramlar ele alınmıştır. Diğer bölümlerde temel üretim fonksiyonları ele alınmıştır. Son bölümde ise kapsayıcı nitelikteki sabit esneklikli üretim fonksiyonu ve sabit esneklikli üretim fonksiyonun özel durumları analiz edilmektedir.

¹ Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi İİBF, ORCID: 0000-0002-3349-2158

ÜRETİM FONKSİYONU: TEMEL KAVRAMLAR

Üretim fonksiyonları üç temel kavram üzerine inşa edilir, Bunlar; (i) ölçeğe göre getiri ve sermaye-emek oranı, (ii) eş ürün eğrisi ve marjinal teknik ikame oranı, (iii) ikame esnekliğidir.

Ölçeğe Göre Getiri ve Sermaye- Emek Oranı: Ölçeğe göre getiri, uzun vadede, üretim ölçeğinde meydana gelen değişimin verimlilik üzerindeki etkisi olarak tanımlanır. Ölçeğe göre getiri, üretim miktarı değiştikçe ekonomik birimin ortalama maliyetlerindeki değişme durumudur. Girdiler arttıkça üretim miktarı da aynı oranda artıyorsa, ortalama maliyetler değişmez ve ölçeğe göre sabit getiri durumu söz konusudur. Girdiler artarken, üretim miktarı girdilerdeki artış oranından daha az oranda artarsa, ortalama maliyetler yükselir, ölçeğe göre azalan getiri söz konusu olur. Girdiler artarken, üretim miktarı girdilerdeki artış oranından daha fazla artarsa, ortalama maliyetler düşer, ölçeğe göre artan getiri söz konusu olur. Ölçeğe göre artan getiri durumunda, maliyetlerdeki düşüşün iki kaynağı bulunmaktadır. Birincisi içsel olup, ekonomik birimin üretim düzeyindeki artıştan kaynaklanmaktadır. İkincisi ise dışsaldır; buna göre endüstride üretim miktarının artması üretici ekonomik birimin üretim maliyetlerinin azalmasına yol açar. Yani, üretici ekonomik birimin bulunduğu piyasanın uzmanlaşmış işgücü ve girdi açısından büyük olması teşebbüsün ortalama maliyetlerinin düşmesine yol açmaktadır. Endüstride üretim miktarının artması, üretici birimler arasında pozitif yönlü olarak bilgi paylaşımına, endüstrideki bilgi stokunun artmasına ve üretimin artmasına ve bilgiye dayalı artan getirilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ekonomide veya endüstride, daha fazla yeni bilgi ürerimi, yeni ürün, süreç, pazar oluşturma artan getirilerine neden olur. Yeni üretilen bilgi havuzunu paylaşabilen firmaların sayısı ve çeşidi ne kadar çok ise; ekonomide yeni teknolojilerin uygulanma olanakları ne kadar fazla olacak ve birim maliyetler de o kadar düşecektir.

Sermaye -emek oranı; getiriyi ölçmenin en kısa yöntemidir. Sermaye-emek oranı, emek birimi düşen sermaye miktarıdır. Emek başına düşen sermaye miktarı ne kadar çok ise bir diğer değişle emek ne kadar çok sermaye ile donatılırsa ölçeğe göre getiri artacaktır. Sermaye-emek oranı, $k = K/L$ ifade edilir. Üretim fonksiyonunda $k = 1$ ise ölçeğe göre sabit getiri, $k < 1$ ise ölçeğe göre azalan getiri ve $k > 1$ ise ölçeğe göre artan getiri söz konusudur.

Eş Ürün Eğrisi Ve Marjinal Teknik İkame Oranı: Eş ürün eğrisi $Y = F(K, L)$ ya da $Q = F(K, L)$ şeklinde ifade edilen üretim fonksiyonunun geometrik halini ifade eder. Bir üretici ekonomik birim üretim faktörlerini farklı oranlarda birleştirebiliyorsa yani faktörlerden birini diğerinin yerine ikame edebiliyorsa, aynı üretim düzeyini koruduğunda faktörlerden birini artırdığında diğerini azaltmak durumundadır. Bu kapsamda, Eş-ürün eğrileri, üreticiye aynı üretim düzeyini sağlayan iki faktörün (emek ve sermaye) farklı bileşimlerinin geometrik

yerini ifade eder. Eş ürün eğrileri faktörlerin birilerine yerine ikame edilebilme durumlarına göre farklı şekil alırlar. Üretim faktörlerinin birbirleri yerine ikame edilemediği, yani belirli oranlarla birleştirilebildiği durumda eş ürün eğrisi L şeklinde olur. Üretim faktörlerinin birbirlerini yerine tam olarak ikame edilebildiği durumlarda eş ürün eğrisi negatif eğimli doğru şeklinde olur. Üretim faktörlerinin birbirleri yerine (0 ve ∞ arasında) değişen oranlarda ikame edilebildiği durumda ise eş ürün eğrisi hiperbol şeklini alır.

Eş-ürün eğrisi üzerindeki bir bileşimden diğer bileşime geçildiğinde aynı üretim düzeyini korumak için daima bir faktörün miktarı artarken diğerinin azalması gerekmektedir. $Y = F(K, L)$ şeklindeki bir üretim fonksiyonunda; K ve L faktörlerindeki marjinal bir değişimin hasılaya etkileri, sırasıyla, $\Delta Y = MP_K \times \Delta K$ ve $\Delta Y = MP_L \times \Delta L$ olduğuna göre, K ve L faktörlerindeki eşanlı bir değişimin üretimde meydana getireceği toplam değişim $\Delta Y = MP_K \times \Delta K + MP_L \times \Delta L$ ifadesine eşit olur. Bir eş ürün eğrisi üzerinde $\Delta Y = 0$ yani üretim miktarı değişmez. Böylece, eş-ürün eğrisinin eğimi $(\Delta K / \Delta L)$ 'ye eşit olur. $(\Delta K / \Delta L)$ oranı Aynı zamanda üretim miktarını korumak koşuluyla iki faktör arasındaki değişim oranıdır. Bir diğer değişle, aynı üretim düzeyini koruma amacıyla faktörler arasındaki bu ikame oranına marjinal teknik ikame oranı denir. Marjinal teknik ikame oranı matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir. $\Delta Y = 0 = MP_K \times \Delta K + MP_L \times \Delta L$ denklemini düzenlenirse marjinal teknik ikame oranı aşağıdaki ifadeye eşit olur.

$$MTİO = -\frac{\Delta K}{\Delta L} = \frac{MP_L}{MP_K}$$

Üretim fonksiyonlarında sermaye faktörünün marjinal verimi $MP_K = \Delta Y / \Delta K$ ve işgücünün marjinal verimi ise $MP_L = \Delta Y / \Delta L$ ile ifade edilmektedir. $MP_K > 0$ ve $MP_L > 0$ olduğundan marjinal teknik ikame oranı mutlak değer cinsinden aşağıdaki ifade edilmelidir. $(\Delta K / \Delta L)$ ifadesinde negatif işaretin faktörlerdeki değişim yönünün zıt olduğunu göstermenin ötesinde bir anlam ifade etmez. Böylece marjinal teknik ikame oranı mutlak değer cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$MTİO = \left| \frac{\Delta K}{\Delta L} \right|_{Y \text{ sabit}} = \frac{MP_L}{MP_K}$$

İkame Esnekliği: üretim fonksiyonlarında üretim faktörlerinin birileri yerine kullanılabilme derecesini gösterir. Bir üretim faktörünü bir diğerinin yerine kullanılabilme esnekliğidir. Bir diğer deyişle, faktörlerin birbiri yerine kolayca ikame edilebilme durumunu ifade eder (Üzümcü, 1997:43).

İkame esnekliği, K ve L gibi iki faktörlü üretim fonksiyonunda ikame olanaklarının bir ölçüsüdür. Bu kapsamda, ikame esnekliği; sermaye yoğunluğu (K/L) oranındaki yüzde değişimin, MTİO'daki yüzde değişmeye oranıdır. İkame esnekliği (σ) notasyonu ile ifade gösterilir. İkame esnekliği sıfır ile sonsuz arasında değerler alabilir: $\sigma = 0$ ise ikame olanağı yok demektir, σ arttıkça ikame olanakları artar. Sermaye ve işgücü gibi iki faktörün girdi olarak kullanıldığı üretim fonksiyonlarında; faktörlerin birbirine oranındaki (K/L) yüzde değişimin marjinal teknik ikame oranındaki (MTİO) yüzde değişmeye oranlanmasıyla hesaplanır. Üretim fonksiyonlarında İkame esnekliği σ ile gösterilir.

$$\sigma = \frac{\% \Delta \left(\frac{K}{L} \right)}{\% \Delta \left(-\frac{\Delta K}{\Delta L} \right)} = \frac{\% \Delta \left(\frac{K}{L} \right)}{\% \Delta \left(\frac{MP_L}{MP_K} \right)} = \frac{\% \Delta (K/L)}{\% \Delta (MTİO)}$$

İkame esnekliği, faktörlerin marjinal verimliklerindeki yüzde değişmeye karşı işgücü başına sermaye miktarındaki yüzde değişimi veya duyarlılığı ölçtüğü için ikame esnekliğinin sıfır olması K/L oranının hiç değişmediği anlamına gelir. Bu bağlamda, bir faktör diğeri yerine kesinlikle kullanılamıyorsa ikame esnekliği sıfır, çok kolay ve tam olarak kullanılabiliyorsa ikame esnekliği sonsuzdur. Üretim fonksiyonlarına göre ikame esnekliği değişir. Sabit kat sayılı Leontief üretim fonksiyonunda $\sigma = 0$, Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda $\sigma = 1$, doğrusal üretim fonksiyonunda ise $\sigma = \infty$ değerini alır.

SABİT KATSAYILI (ORANLI-LEONTİEF) ÜRETİM FONKSİYONU

Üretim sürecinde, belirli bir teknoloji (üretim yöntemi) ile kullanılan girdiler ve üretim miktarı arasındaki ilişki matematiksel olarak üretim fonksiyonları ifade edilir. Bu bağlamda, sabit katsayılı üretim fonksiyonu, Bir üretim fonksiyonu, üretilebilir çıktının maksimum seviyesini belirli miktarda girdiyle ilişkilendirir. Ekonomide, belirli bir teknoloji ile üretilen mal ve hizmetlerin üretiminde, bazı durumlarda girdiler arasında ikame ilişkisi yoktur. Bir diğer değişle belirli üretim yöntem esas alınarak üretim gerçekleştirildiğinde girdiler belirli bir oranda kullanılmak durumundadır. Girdiler, bir yemek kitabındaki tarifinin malzemeleri gibi sabit oranlarda birleştirilmek zorundaysa, fonksiyon sabit katsayılı üretim fonksiyonudur. Üretimde üretim faktörlerinin sabit oranlarda kullanımını temel aldığından sabit oranlı veya sabit kat sayılı ifade edilir. Sabit kat sayılı üretim fonksiyonu, girdi ve çıktı analizinin temelini teşkil eder ve ortaya koyan iktisatçıdan dolayı Leontief üretim fonksiyonu olarak ta adlandırılır.

İki üretim faktörü kullanılarak üretilen hasıla için sabit katsayılı üretim fonksiyonu matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

Şekil 3-1'in sağ tarafında eş ürün eğrileri ile temsil edilen sürekli üretim fonksiyonunda ise üretim faktörlerinin (sermaye ve işgücü) farklı bileşimleri, farklı oranlarda kullanılarak üretim gerçekleştirilmektedir. Üretim fonksiyonunda üretim faktörleri belirli ölçüde birbirleri yerine ikame üretim gerçekleştirilmekte ve üretim fonksiyonu süreklilik kazanmaktadır.

COBB-DOUGLAS ÜRETİM FONKSİYONU

Charles Cobb ve Paul Douglas tarafından 1927 ile 1947 yılları arasında ortaya konan Cobb-Douglas üretim fonksiyonu, girdilerle hasıla miktarı arasındaki teknik ilişkiyi ortaya koyan üretim fonksiyonlarının işlevsel biçimidir. Ekonomide, iki veya daha fazla girdinin (özellikle fiziksel sermaye ve emek) miktarları ile bu girdiler tarafından üretilebilen hasıla miktarı arasındaki teknik ilişkiyi temsil etmek için yaygın olarak kullanılır. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu faktörler arasında ikameye belirli bir ölçüde imkân tanıyan sürekli üretim fonksiyonlarının özel biçimidir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda girdiler sermaye ve işgücü ile hasıla düzeyi arasındaki ilişki ele alınmaktadır. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Y = A(K, L)$$

Üretim fonksiyonu daha formel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Taban ve Kar, 2017).

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta} \quad (2)$$

Burada Y hasıla düzeyini, K sermaye stokunu, L iş gücünü ve A teknolojik düzeyi (faktör verimliliği), α ve β sırasıyla sermaye stokunun ve iş gücünün hasıladaki paylarını gösterir.

Eşitliğin her iki tarafının doğal logaritması alınırsa, üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\ln Y = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L$$

Eşitlikten hareketle sermayenin marjinal verimliği (MP_K) ve iş gücünün marjinal verimliliği (MP_L) aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$MP_K = \frac{\ln Y}{\ln K} = \frac{\partial Y}{\partial K} = \alpha$$

$$MP_L = \frac{\ln Y}{\ln L} = \frac{\partial Y}{\partial L} = \beta$$

Ölçeğe göre getiri, uzun dönemde toplam hasıladaki yüzde artışın, girdilerdeki yüzde artışa oranı olarak tanımlanır. Üretim fonksiyonunda $(\alpha + \beta)$ parametrelerinin toplamı getiri oranı gösterir (Küçük, 2011).

$(\alpha + \beta) = 1$ ise ölçeğe göre sabit getiri

$(\alpha + \beta) < 1$ ise ölçeğe göre azalan getiri

$(\alpha + \beta) > 1$ ise ölçeğe göre artan getiri

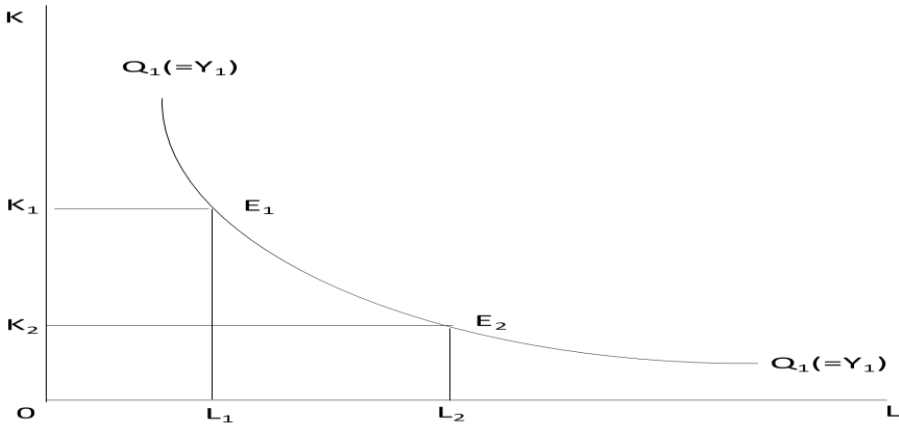
Cobb- Douglas Üretim fonksiyonunda sermaye ve iş gücü faktörünün çıktı esneklikleri çıktı esneklikleri aşağıdaki gibidir.

$$\alpha = \frac{\partial Y/Y}{\partial K/K} \quad \text{Sermayenin çıktı (üretim) esnekliği}$$

$$\beta = \frac{\partial Y/Y}{\partial L/L} \quad \text{işgücünün çıktı (üretim) esnekliği}$$

$$\text{Marjinal teknik ikame oranı } MTİO = (L, K) = -\frac{\Delta K}{\Delta L} = \frac{MP_L}{MP_K}$$

Coob-Douglas üretim fonksiyonu şekil 3-2’de gösterilmektedir. Şekil 3 2’de $Q_1 (= Y_1)$ üretim düzeyi K_1 ve L_1 faktör bileşimi ile gerçekleştirilmektedir. Üretim fonksiyonunda iş gücü faktörü L_2 düzeyine çıkarıldığında Y_1 üretim düzeyinde kalabilmek için sermaye faktörü K_2 düzeyine düşürülmelidir. Üretim fonksiyonunda, eş ürün eğrisinin herhangi bir noktadaki eğimi marjinal teknik ikame oranı verir. Marjinal teknik ikame oranı, eş ürün eğrisi üzerinde sol yukarıdan sağ aşağıya doğru gidildikçe azalır.



Şekil 2 : Coob-Douglas Üretim Fonksiyonu

Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{(1-\alpha)}$$

Sermaye ve işgücü faktörleri arasında ikame edilebilirlik olduğu varsayılır ve iş gücü faktörünün yerine Sermaye faktörü ikame edilirse, eşitlik aşağıdaki şekilde yazılır.

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot K^{(1-\alpha)} \text{ veya } Y = A \cdot K$$

Eşitliğin her iki tarafı İş gücü faktörü ile bölünürse, iş gücü başına üretim fonksiyonu elde edilir.

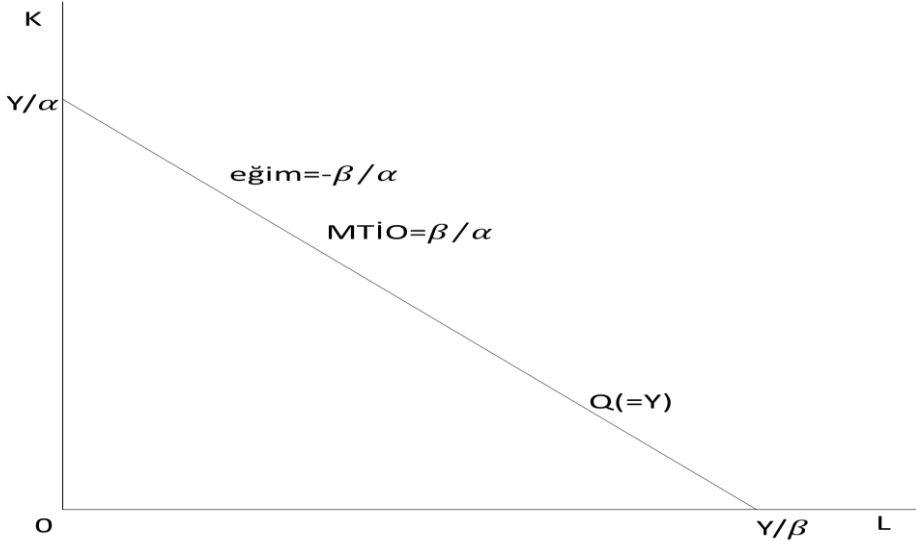
$$\frac{Y}{K} = A \frac{K}{L}$$

DOĞRUSAL ÜRETİM FONKSİYONU

Doğrusal üretim fonksiyonu üretim faktörleri arasında ikame esnekliğinin sonsuz olduğu, eş ürün eğrisinin koordinat düzleminde sol yukarıdan sağ aşağı doğru giden negatif eğimli doğru biçiminde olduğu bir üretim fonksiyonudur. Doğrusal üretim fonksiyonunda Eş-ürün eğrisi negatif eğimli bir doğru şeklinde olduğundan eğimi ve üretim faktörleri arasındaki ikame oranı, dolayısıyla marjinal teknik ikame oranı sabittir. Doğrusal üretim fonksiyonu matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$Y = \alpha K + \beta L ; \quad \alpha, \beta > 0 \quad (3)$$

Y sabit kalmak üzere buradan eş ürün eğrisinin denklemi $K = (Y/\alpha) - (\beta/\alpha) L$ şeklinde yazılabilir. $K = (Y/\alpha) - (\beta/\alpha) L$ denklemi ile ifade edilen eş-ürün eğrisinin eğimi ve marjinal teknik oranı sabit olup, (β/α) terimine eşittir (şekil 3-3). Eş ürün eğrisi üzerinde; faktör bileşimi değiştirilerek daha emek yoğun tekniklere geçilebilir ama MTİÖ değişmez. Doğrusal üretim fonksiyonunda; eş-ürün eğrisi üzerinde $MTİÖ = \beta/\alpha$ sürekli aynı kalırken K/L oranı sıfırdan sonsuza değişebilir. Bu durumda ikame esnekliği sonsuz olur. Bir başka değişle K ve L girdileri (β/α) oranında birbirleri yerine ikame edilebilir.



Şekil 3: Doğrusal Üretim Fonksiyonu

Doğrusal üretim fonksiyonunda; sermaye ve işgücü faktörleri için ortalama verimlilikler $AP_K = Y/K$ ve $AP_L = Y/L$ olarak tanımlanır. Marjinal verimlilikler ise $MP_K = \Delta Y/\Delta K$ ve $MP_L = \Delta Y/\Delta L$ şeklinde tanımlanır.

SABİT ESNEKLİKLİ ÜRETİM FONKSİYONU VE ÖZEL DURUMLARI

Sabit ikame esneklikli üretim fonksiyonu, üretim faktörleri (sermaye ve emek) arasındaki ikame esnekliğinin sabit olduğu bir üretim fonksiyonudur. Üretim faktörleri ikame esnekliği sıfır ile sonsuz arasında değerler alır. İkame esneklik katsayısının değerine göre üretim fonksiyonu Leontief üretim fonksiyonu ve Cobb-Douglas üretim fonksiyona dönüşür. Bir diğer değişle, İkame esneklik katsayısının alacağı değere göre sabit esneklikli üretim fonksiyonundan Leontief üretim fonksiyonu ve Cobb-Douglas üretim fonksiyonu türetilmektedir. İkame esnekliği esasen üretim teknolojisini tanımlar. Sabit esneklikli üretim fonksiyonu, üretim faktörleri arasındaki ikame esnekliğini sıfır kabul eden (Leontief) ve bir kabul eden (Cobb-Douglas) modellere üretim fonksiyonlarına (modellere) yöneltilen eleştirilerden hareketle, ikame esnekliğinin sıfır ile sonsuz arasında değiştiği daha genel nitelikte bir üretim fonksiyonudur. Sabit esneklikli üretim CES Üretim Fonksiyonunda, Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonundaki gibi ikame esnekliği sabittir. Fakat Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonunda olduğu gibi daima bir olmak zorunda değildir. Sabit esneklikli (CES) Üretim fonksiyonunda ikame esnekliği sıfır ile artı sonsuz arasında bir değer alacaktır.

Sabit esneklikli üretim fonksiyonu, matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir (Başgömez, 2022).

$$Y = A[\alpha K^{-\rho} + (1 - \alpha)L^{-\rho}]^{\frac{-k}{\rho}} \quad (3)$$

Burada, K ve L sırasıyla sermaye ve iş gücü faktörlerini gösterir. A teknolojik gelişme düzeyini temsil eden etkinlik parametresidir. Parametre α ise üretim faktörlerinin üretimdeki göreceli paylarını gösteren dağıtım parametresidir. Parametre ρ ise üretim faktörlerinin arasındaki ikame derecesini göstermektedir. Parametre k ise $k = K/L$ fonksiyonun homojenlik derecesini ya da ölçeğe göre getiri oranını ifade etmektedir.

$A \in [0, \infty)$ etkinlik parametresi olup üretimi (teknolojik üretim seviyesini), $\alpha \in [0,1]$ dağıtım parametresi olup girdilerin optimal dağılımını, $\rho \in [-1,0) \cup (0, \infty)$ faktörlerin ikame derecesini ve $k = K/L \in (0, \infty)$ fonksiyonun homojenlik derecesini ya da ölçeğe göre getiri oranını ifade eder.

Sabit esneklikli (CES) üretim fonksiyonunda, k parametresi $k = 1$ olarak alınır. $k = 1$ ise ölçeğe göre sabit getiri, $k < 1$ ise ölçeğe göre azalan getiri ve $k > 1$ ise ölçeğe göre artan getiri söz konusudur.

Burada etkinlik parametresinin bire eşit olduğu ($A = 1$), ve ölçeğe göre sabit getiri koşullarının geçerli olduğu ya da başka bir ifadeyle üretim fonksiyonunun birinci dereceden homojen ($k = 1$) olduğu varsayımı altında yukarıdaki sabit esneklikli (CES) üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi yeniden ifade edilebilir (Songur ve Elmas, 2017).

$$Y = [\alpha K^{-\rho} + (1 - \alpha)L^{-\rho}]^{\frac{-1}{\rho}}$$

Sabit esneklikli (CES üretim) fonksiyonunun ikame esnekliği,

$$\sigma = \frac{\partial \log(K/L)}{\partial \log(MP_L/MP_K)} = \frac{1}{1 + \rho} \geq 0$$

Bu bağlamda, sabit esneklikli üretim fonksiyonunda; ikame esnekliği, $\sigma = \frac{1}{1+\rho}$ eşitliği ile belirlenmektedir. Parametre ρ ise hem faktörler arasındaki ikame derecesini ve hem de ikame esnekliğini belirlemektedir. İkame esnekliğinin değeri ise sabit esneklikli üretim fonksiyonun diğer fonksiyonlarla temel benzerlik ve farklılıklarını ortaya koymaktadır. Teknik etkinlik parametresinin bire eşit olduğu ($A = 1$), ve ölçeğe göre sabit getiri koşullarının geçerli ($k = 1$) olduğu durumda; ikame derecesi parametresinin (ρ) açacağı değer ve ikame esnekliğinin değerine bağlı olarak belirlenen ikame esnekliği değerine göre sabit esneklikli üretim fonksiyonunun üç özel durumu ortaya çıkar. Bu kapsamda;

a) Doğrusal Üretim Fonksiyonu:

$A=1$, $k=1$ ve $\rho=-1$ ise;

$Y = [\alpha K^{-\rho} + (1 - \alpha)L^{-\rho}]^{\frac{-1}{\rho}}$ şeklindeki üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi doğrusal üretim fonksiyonuna dönüşür.

$$Y = \alpha K + (1 - \alpha)L$$

$\rho = -1$ ise ikame esnekliği aşağıdaki matematiksel ifadeye eşit olur.

$$\sigma = \frac{1}{1+\rho} = \infty$$

Faktörler arası ikame derecesi parametresi $\rho=-1$ olduğunda ikame esnekliği ($\sigma = \infty$) sonsuza gitmektedir. İkame esnekliğinin sonsuz olması üretim faktörlerinin tam olarak birbirlerine yerine ikame edildiğini gösterir. İkame esnekliğinin sonsuza olduğu ($\sigma = \infty$) durumda, sabit esneklikli üretim fonksiyonu doğrusal üretim fonksiyonuna dönüşür. Esasen doğrusal üretim fonksiyonu sabit esneklikli üretim fonksiyonunun özel bir halidir. Doğrusal üretim fonksiyonunda eş ürün eğrisi negatif eğimli doğru şeklini alır.

b) Coob Douglas Üretim Fonksiyonu

$A=1$, $k=1$ ve $\rho=0$ ise;

$Y = [\alpha K^{-\rho} + (1 - \alpha)L^{-\rho}]^{\frac{-1}{\rho}}$ şeklindeki üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna dönüşür.

$$Y = K^{\alpha}L^{(1-\alpha)}$$

$\rho=0$ ise; ikame esnekliği ise,

$$\sigma = \frac{1}{1+\rho} = 1$$

İkame esnekliğinin bir olması üretim faktörlerinin belirli ölçüde birbirlerine yerine ikame edildiğini gösterir. Parametre ($\rho = 0$) sıfıra yakınsadığında ikame esnekliği birim esneklik ($\sigma = 1$) değerini alır. Bu durumda, birim esnekliğe sahip Cobb-Douglas üretim fonksiyonu ortaya çıkmaktadır. Birim esnekliğe sahip Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda sabit esneklikli üretim fonksiyonunun özel bir halidir. İkame esnekliğinin bir olduğu ($\sigma = 1$) Cobb-Douglas Üretim fonksiyonunda eş ürün eğrisi, orijine dış bükey hiperbol şeklinde olur.

c) Sabit Katsayılı Üretim Fonksiyonu

$Y = [\alpha K^{-\rho} + (1 - \alpha)L^{-\rho}]^{\frac{-1}{\rho}}$ şeklindeki üretim fonksiyonu dağıtım parametreleri $\alpha = v$ ve $(1 - \alpha) = u$ olarak tanımlanırsa; sabit esneklikli üretim fonksiyonu aşağıdaki forma dönüşür.

$$Y = [vK^{-\rho} + uL^{-\rho}]^{\frac{-1}{\rho}}$$

$A=1, k=1$ ve $\rho = \infty$ ise fonksiyon sabit katsayılı üretim fonksiyonuna dönüşür.

$$Y = \min \left[\frac{K}{v}, \frac{L}{u} \right]$$

$\rho = \infty$ ise; ikame esnekliği

$$\sigma = \frac{1}{1+\rho} = 0$$

Faktörler arası ikame derecesi parametresi ρ sonsuza yakınsadığında ikame esnekliği σ sıfıra yakınsamaktadır. Bu durumda, ikame esnekliği ($\sigma = 0$) sıfır olan sabit katsayılı bir üretim fonksiyonu ortaya çıkar. İkame esnekliğinin sıfır olması üretim faktörlerinin birbirlerine ikame edilemediğini, üretim faktörlerinin belirli bileşimde (oranda) kullanılması gerektiğini ifade eder. ikame esnekliğinin sıfır olduğu ($\sigma = 0$) sabit katsayılı üretim fonksiyonunda eş ürün eğrisi L şeklini alır.

Sabit esneklikli üretim fonksiyonunun, diğer üretim fonksiyonlarına dönüşebilme özelliği ve esnekliği; iktisadi büyüme modeli kurmak ve büyüme analizi yapmak isteyenler bakımından fonksiyonu kullanışlı hale getirmektedir.

Sabit esneklikli üretim fonksiyonun ekonomik tahminlerde kullanılabilmesi için doğrusal formda ifade edilmesi gerekir. Bu bağlamda sabit esneklikli üretim fonksiyonunun eşitlik (3) ile ifade edilen matematiksel formun, her iki tarafın logaritması alınır ve gerekli düzenlemeler yapılsa; aşağıdaki logaritmik forma ulaşılır.

$$\log Y = \log A - \frac{k}{\rho} \log [\alpha K^{-\rho} + (1 - \alpha)L^{-\rho}]$$

İkame esneklik parametresinin üçüncü ve üzeri kuvvetleri ihmal edilirse, fonksiyon aşağıdaki şekilde ifade edilebilir. Fonksiyonun logaritmik formunda köşeli parantezde yer alan $[\alpha K^{-\rho} + (1 - \alpha)L^{-\rho}]$ ifadeeki ikame esnekliği ρ parametresinin üçüncü ve üzeri kuvvetleri ihmal edilerek yeniden düzenlenirse fonksiyon aşağıdaki şekli alır.

$$\begin{aligned} \log Y = \ln A + k \log K + k(1 - \alpha) \log L \\ - (k/2) \rho \alpha (1 - \alpha) (\log K - \log L)^2 \end{aligned}$$

Fonksiyondaki parametreler aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$a_0 = \log A$$

$$a_1 = k\alpha$$

$$a_2 = k(1 - \alpha)$$

$$a_3 = -(k/2)\rho\alpha(1 - \alpha)$$

Sabit esneklikli üretim fonksiyonu yukarıdaki parametre tanımlamaları altında aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\log Y = a_0 + a_1 \log K + a_2 \log L + a_3 (\log K - \log L)^2$$

Böylece, sabit esneklikli üretim fonksiyonu parametreler açısından doğrusal forma dönüşür. Doğrusal forma dönüşen üretim fonksiyonu ile parametre tahmini yapmak olanaklı hale gelir. Bir diğer değişle, doğrusal formda ifade edilen sabit esneklikli üretim fonksiyonu ile $a_i (i=0,1,2, 3\ldots)$ şeklinde tanımlanan parametre tahminleri yapılabilir. Tahmin edilen $a_i (i=0,1,2, 3\ldots)$ Parametreleri aracılığı ile A, α , k parametreleri yaklaşık olarak tahmin edilebilir.

GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Ülkelerin ekonomik anlamda gelişimini gösteren temel ölçüt, ekonomik büyüme kavramıdır. Ekonomik büyümenin, oranını ve hızını belirleyen çok sayıda gösterge vardır. Üretim fonksiyonu büyüme hızının ölçülmesinde kullanılan temel araçlardan biridir (Söylemez ve Uurttaçıkılmaz, 2020)

Üretim fonksiyonu, belirli bir dönemde üretim sürecine katılan girdilerle ve üretilen hasıla arasındaki matematiksel ilişkidir. Üretim ve üretim faktörleri arasındaki ilişkinin matematiksel olarak üretim fonksiyonları ile ifade edilebilmesi ve ile girdilerin hasıla üzerindeki etkilerinin üretim fonksiyonları aracılığı araştırılması, iktisat bilimi ve özellikle büyüme teorisi açısından son derece önemlidir. Matematiğin büyüme teorisine tatbik edilmesi ile birlikte üretim fonksiyonları önem kazanmış ve zaman içerisinde çok sayıda üretim fonksiyonu türetilmiştir. Sabit kat sayılı, Cobb -Douglas, doğrusal üretim fonksiyonları büyüme teorisi analizlerinde; en geniş kullanılan temel üretim fonksiyonlarıdır.

Üretim fonksiyonu, üretim girdileri ve üretim arasındaki ilişkinin matematiksel ifadesidir. Üretim fonksiyonu üzerinden belirlen matematiksel ilişki üç farklı kavram ile ifade edilebilir. Bu kavramlardan birincisi, sermaye - emek oranı temelinde fonksiyonların homojenlik derecesine göre belirlenen

ölçeğe göre getiridir. Sermaye -emek oranı temelinde girdiler artışı zaman çıktıda meydana gelen değişme, ölçeğe göre getiriyi, sermaye -emek oranındaki değişme ise üretim fonksiyonun homojenlik derecesini gösterir. İkincisi marjinal teknik ikame oranı Bir üretici ekonomik birim üretim faktörlerini farklı oranlarda birleştirebiliyorsa yani faktörlerden birini diğerinin yerine ikame edebiliyorsa, aynı üretim düzeyini koruduğunda faktörlerden birini artırdığında diğerini azaltmak durumundadır. Faktörlerin birbirleri yerine ikame edilebilme derecesi üretim fonksiyonun türünü belirler. Üçüncüsü ikame esnekliği olup, marjinal teknik ikame oranı üzerinden tanımlanan ikame esnekliği olup Bir üretim faktörünü bir diğerinin yerine kullanılabilme esnekliğini ifade eder. İkame esnekliği, faktör oranlarındaki oransal/yüzdesel değişimin, faktörlerin marjinal verimlilik oranlarındaki oransal/yüzdesel değişmeye oranı olarak ifade edilmektedir. Teknolojik gelişme bir kenara bırakıldığında üretim fonksiyonları bu üç kavram üzerinden tanımlanır.

Büyüme (özelikle Neoklasik büyüme) modellerinde büyüme süreci veri bir üretim fonksiyonuna bağlı olarak ele alınmaktadır. Üretim fonksiyonlarında teknoloji dışsal bir değişken olarak kabul edilmektedir. Üretim fonksiyonunda teknoloji yoksul ya da zengin tüm ülkeler tarafından paylaşılan kamusal bir maldır (Yeldan, 2010, s. 96-97). Teknolojik gelişme bir kenara bırakıldığında, üretim fonksiyonunda çıktıyı belirleyen iki temel üretim faktörü söz konusudur: işgücü (emek) ve fiziksel sermaye. Üretim faktörleri ile hasıla arasındaki ilişkiyi tanımlayan temel üretim fonksiyonları ele alınmaktadır. Bu bağlamda, Üretim fonksiyonları teknolojik gelişmeye ilişkin varsayımlar bir kenara bırakıldığında; üretim faktörlerinin birbirlerine yerine ikame edilme durumuna göre temel olarak üçe ayrılır. Birincisi, üretim faktörleri arasında bir ikame ilişkisinin olmadığını kabul eden sabit kat sayılı üretim fonksiyonudur. İkincisi, üretim faktörlerinin birileri yerine bire bir oranında ikame edildiğini kabul eden yani, ikame esnekliğinin bir olduğu Cobb-Douglas üretim fonksiyonudur. Üçüncüsü ise üretim faktörlerinin birbirleri yerine tam olarak ikame edilebildiğini varsayan doğrusal üretim fonksiyonudur. Çalışmada üretim teme Sabit esneklikli üretim fonksiyonu ise üretim faktörlerinin birbirleri yerine (sıfır ve sonsuz arasında) değişen derecede ikame edilebildiğini kabul eden fonksiyonların genel formudur. Bir diğer deyişle, faktörlerin birbirleri yerine ikame edilme derecesine göre; sabit esneklikli üretim fonksiyonu; (i) sabit katsayılı üretim fonksiyonu, (ii) Coob Douglas üretim fonksiyonu veya (iii) doğrusal üretim fonksiyonuna dönüşür.

KAYNAKLAR

- Başığmez, H. (2022). Gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme: CES ve Translog üretim fonksiyonu yaklaşımı. Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 12(24), 452-479.
- Ekinci, N.K. (2018) Modern Mikro İktisat, Gözden Geçirilmiş 2. Baskı. Ankara: Efil Yayıncılık
- Işık N. Ve Acar, M. (2006). İmalat Sanayi Ve Tekstil Sektörü İçin Cobb Douglas, CES Ve Translog Üretim Fonksiyonlarının Tahmini, SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 6(11), 91-109.
- Küçük, O.(2011) Faktör Esnekliği ve Ölçeğe Göre Getiri: Kobi’lerde Karşılaştırmalı Bir Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Uygulaması Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 2011 15 (2): 353-362.
- Songur, M. & Saraç Elmas, F. (2017). Cobb-Douglas, CES, VES ve Translog Üretim Fonksiyonlarının Tahminleri Üzerine Genel Bir Değerlendirme. Bulletin of Economic Theory and Analysis, 2(3), 235-278.
- Songur, M. (2017). Türkiye’de Beşeri Sermaye ve Fiziksel Sermaye Arasındaki İkame Olanakları: Translog Üretim Fonksiyonu Yaklaşımı. Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi. 7(2), 201- 224.
- Söylemez, A. Yurttañıkırmaz, Z.Ç. (2020). Beşeri Sermayenin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Türkiye Üzerine Bir İnceleme. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 24 (1), 175-195.
- Taban, S. ve Kar, M. (2006), Beşeri Sermaye ve Ekonomik Büyüme: Nedensellik Analizi, 1969-2001. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6(1), 161-181.
- Üzümcü, A.(2015). İktisadi Büyüme. (2. Baskı) İstanbul: Beta Basın Yayın
- Yeldan, E. (2010), İktisadi Büyüme ve Bölüşüm Teorileri. Ankara: Efil Yayınevi.



BÖLÜM 3

Almanya’da Havayolu Taşımacılığı ve Ekonomik Büyüme: Yük ve Yolcu Taşıma Dinamiklerinin Analizi

Fatih Akın¹ & Hakan Ateş²

1. Giriş

Günümüzde ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliği ve küresel etkileşimin sağlanması, etkili bir ulaştırma altyapısına olan ihtiyacı artırmaktadır. Taşımacılık, bir ürünün istenilen teslimat noktasına ulaştırılması sürecini ifade eder (Çevik ve Kaya, 2010; Emirkadı ve Balcı, 2018). Bu kavrama daha geniş bir perspektiften bakıldığında, yalnızca ürünlerin değil; insanların ve hizmetlerin taşınması da bu sürece dahil edilmektedir. Mal, hizmet ve insan taşımacılığını gerçekleştiren sektöre ise ulaştırma sektörü adı verilmektedir. Ulaştırma sektörü, dış ülkelerle bağlantı kurulması, mal alışverişlerinin düzenli şekilde sağlanması ve taşıma sürecinin kesintisiz devam ettirilmesi gibi aşamalarda önemli bir rol üstlenmekte; bu yönüyle insan yaşamıyla doğrudan entegre hale gelmektedir (Oral ve Kıpık, 2019).

Günümüzde ulaştırma sektörü, teknolojik dönüşümler ve küreselleşmenin etkisiyle hızlı bir değişim sürecinden geçmektedir. Nüfus artışı, tedarik zincirlerindeki dönüşüm ve yük taşımacılığının gelişimi, bu sektöre olan ihtiyacı artırmaktadır. Güvenli yük taşımacılığı, müşteri taleplerinin hızlı karşılanması ve yolcu taşımacılığının geliştirilmesi gibi beklentiler, sektörün temel dinamiklerini oluşturmaktadır (Crainic vd., 2009; Büyüközkan ve Mukul, 2018). Bu süreçlerde yaşanabilecek aksaklıklar, ulaştırma ağlarının verimliliğini düşürmekte ve ülke ekonomileri üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Mehmood vd., 2015; Kurth vd., 2020).

Ulaştırma sektörü; karayolu, havayolu, demiryolu, denizyolu ve boru hatları olmak üzere beş ana taşıma türünden oluşmaktadır (Deniz, 2016; Erdoğan, 2016). Hız, güvenlik ve konfor gibi faktörlere yönelik taleplerin artması, bu alandaki yatırımların ve rekabetin de artmasına neden olmuştur. Bu gelişimin en belirgin şekilde gözlemlendiği alan ise havayolu taşımacılığıdır. Havayolu taşımacılığı, diğer taşıma türlerinden ayrılan özellikleriyle dikkat çekmektedir (Mačiulis vd., 2009; Bakırcı, 2012). Özellikle zamanın ön plana çıktığı günümüzde, karayolu ve demiryolu gibi ulaşım türlerinin uzun süreler alması, bireyleri daha hızlı ve

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, ORCID ID: 0000-0002-7741-4004

² Öğr. Gör., Ataçehir Adıgüzel Meslek Yüksekokulu, ORCID ID: 0000-0002-0232-

9227

konforlu olan havayoluna yönlendirmektedir (Eroğlu, 2020; Işıklar vd., 2021; Law vd., 2022).

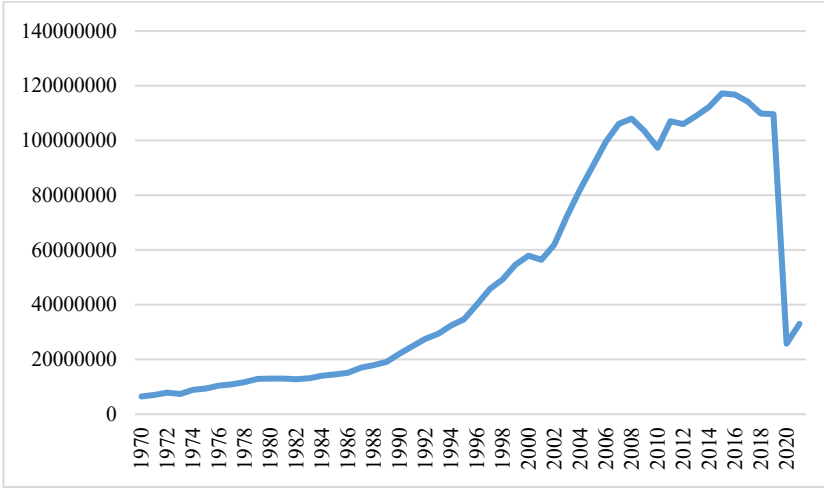
Havayolu ile yapılan yük taşımacılığı, gümrüklerdeki bekleme sürelerinin azalması sayesinde malların hızlı ve güvenli biçimde müşterilere ulaştırılmasını sağlamaktadır (Boonekamp ve Burghouwt, 2017; Bartulović vd., 2022). Coğrafi uzaklıkları birbirine yakınlaştıran havayolu taşımacılığı, ülkeler için önemli ekonomik kazanımlar sunmaktadır. Uzak pazarlara ve küresel tedarik zincirlerine erişim kolaylaşmakta; bu alanda gelişim gösteren ülkeler, ticaret ve üretimde rekabetçi bir konuma ulaşmaktadır (Kasarda ve Green, 2005; Shepherd vd., 2016).

Havacılık sektörü yalnızca yolcu ve yük taşımacılığıyla sınırlı kalmayıp, turizm gibi farklı alanlarda da etkili olmaktadır. Hava taşımacılığı ile turizm sektörü birbirine entegre şekilde gelişmektedir. 1960'lerden bu yana süregelen eğlence turizmi ve iş seyahatleri, havacılık sektörünün büyümesiyle doğrudan ilişkilidir (Papatheodorou, 2002; Duval, 2013). Özellikle ada ülkelerinde havayolu sistemlerinin gelişmesi, bu bölgelerin turizm potansiyelini artırmakta ve bölgeye yapılan ziyaretleri teşvik etmektedir. Aynı zamanda bu bölgelerin ihtiyaç duyduğu malların havayolu ile taşınması da büyük önem taşımaktadır (Bieger ve Wittmer, 2006; Mazzola vd., 2022).

Havacılık sektörünün bir diğer önemli etkisi ise istihdam üzerindedir. Sektörde doğrudan faaliyet gösteren işletmelerde yaratılan istihdamın yanı sıra, ticaret ve turizm gibi alanlar üzerinden dolaylı istihdam etkileri de gözlemlenmektedir (Njoya ve Nikitas, 2020; Zhang ve Graham, 2020). Bu gelişmelerle birlikte hava taşımacılığı, hem bireylerin bölgeler arası hareketliliğini kolaylaştırmakta hem de uluslararası anlayış ve kültürel etkileşimi artırmaktadır (İslamoğlu, 2024). Dolayısıyla hava taşımacılığı, ülke ekonomileri açısından kritik bir öneme sahiptir.

Grafik 1'de, 1970-2021 yılları arasında Almanya'da havayolu ile taşınan yolcu sayısı gösterilmektedir. Özellikle 1990 yılından itibaren yolcu sayısında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. 2005-2019 döneminde bu artış belirli bir bant aralığında sabit kalmış; ancak 2020 yılında ciddi bir düşüş yaşanmıştır. Bu düşüş, neredeyse 1990'lı yılların başındaki seviyelere geri dönülmesine neden olmuştur. Söz konusu azalışın temel nedeni, tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 salgınıdır. 2021 yılında yolcu sayısında kısmi bir toparlanma yaşansa da, salgın öncesi seviyelere ulaşamamıştır.

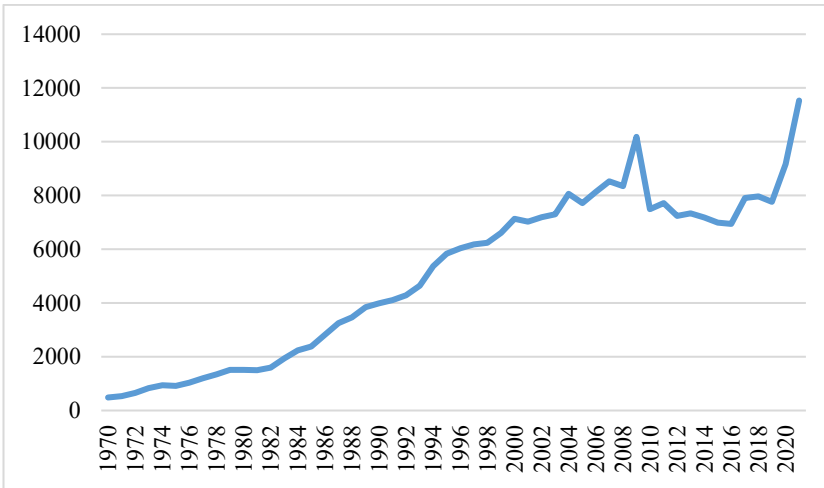
Grafik 1. Almanya’da Havayolu ile Yolcu Taşımacılığı (1970-2021) (Kişi)



Kaynak: Dünya Bankası, 2025.

Grafik 2’de, 1970-2021 dönemi için Almanya’da havayolu ile taşınan yük miktarı ton cinsinden gösterilmiştir. 2009 yılına kadar havayolu ile taşınan yük verilerinde pozitif yönlü bir eğilim hâkimken, bu tarihten sonra veriler daha durağan bir seyir izlemeye başlamıştır. Özellikle Covid-19 pandemisi sonrasında havayolu ile yük taşımacılığında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Genel olarak havayolu ile yük taşımacılığı, dönemsel olarak artış ve azalışlar gösterse de, referans dönemde kayda değer bir ilerleme yaşanmıştır.

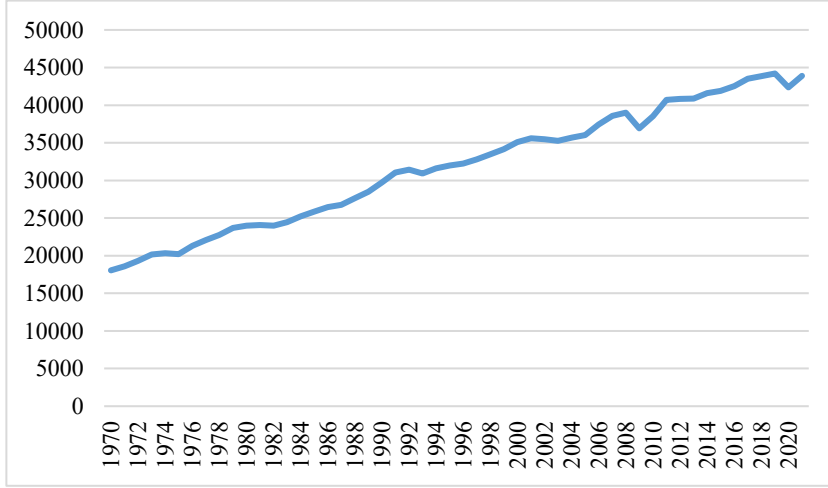
Grafik 2. Almanya’da Havayolu ile Yük Taşımacılığı (1970-2021) (Ton)



Kaynak: Dünya Bankası, 2025.

Grafik 3'te, 1970-2021 dönemi için Almanya'daki kişi başına düşen gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) büyüklüğü gösterilmiştir. Almanya'da GSYH verisi bazı dönemlerde sınırlı düzeyde azalışlar sergilese de, genel eğilim çoğunlukla pozitif yönde olmuştur. Azalışların gözlemlendiği yıllar, ekonomik krizler ve benzeri olumsuz gelişmelerin yaşandığı dönemlere denk gelmektedir. Bu tür istisnai dönemler dışında Almanya'da ekonomik büyümenin yönü sürekli olarak yukarı yönlü seyretmiştir.

Grafik 3. Almanya'da Kişi Başına Düşen GSYH (1970-2021) (\$)



Kaynak: Dünya Bankası, 2025.

Havayolu sektörü, istihdam yaratma potansiyeli, ulaşım sağlama avantajı, turizm açısından temel gereklilikler arasında yer alması ve iktisadi katkıları sayesinde ülke ekonomilerinde öncü sektörlerden biri hâline gelmiştir. Air Transport Action Group (ATAG) tarafından yayımlanan verilere göre, havayolu sektörü 2023 yılında doğrudan ve dolaylı olarak yaklaşık 86.5 milyon kişiye istihdam sağlamıştır. Aynı yıl içerisinde 4.4 milyar yolcu uçuşu gerçekleştirilmiş ve 61.4 milyon ton kargo taşınmıştır. Bu veriler, havayolu taşımacılığının yalnızca ulaşım değil, aynı zamanda ticari faaliyetler açısından da stratejik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Havacılık sektörünün en dikkat çekici etkilerinden biri de ekonomik boyutta ortaya çıkmıştır. 2023 yılında sektörün küresel ekonomiye sağladığı katkı 4.1 trilyon dolar olarak hesaplanmıştır (ATAG, 2025). Bu bağlamda havayolu taşımacılığı, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler açısından incelenmesi gereken kritik bir sektördür. Özellikle havayolu taşımacılığı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin gelişmiş bir ülke özelinde değerlendirilmesi, sektörel analiz açısından faydalı olacaktır.

Bu doğrultuda, çalışmada yer alan üç temel değişkenin etkileşimi Almanya özelinde ele alınmıştır. Almanya, dönemler boyunca Avrupa'nın en önemli ekonomik güç merkezlerinden biri olmuştur. Mevcut literatür tarandığında, Almanya özelinde havayolu yolcu ve yük taşımacılığı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmaların bulunmadığı görülmektedir. Bu nedenle, söz konusu çalışmada 1970-2021 dönemi için zaman serisi analizi yöntemi kullanılmıştır. Analiz sürecinde; havayolu ile yolcu taşımacılığı (birim kişi), havayolu ile yük taşımacılığı (ton) ve kişi başına düşen GSYH verileri değerlendirilmiştir.

Çalışma; giriş, literatür incelemesi, veri seti ve ekonometrik yöntem, ampirik bulgular ve sonuç ve öneriler olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır.

2. Literatür İncelemesi

Havayolu taşımacılığı ve ekonomik büyüme üzerine yapılan araştırmalar literatürde geniş yer tutmuştur. Bu çalışmalar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Literatür Özeti

Yazar(lar)	Ülke(ler)	Dönem	Bulgular
Eryer (2024)	Kırılğan Beşli Ülke	2005-2021	Havayolu ile taşınan yolcu sayısının, ekonomik büyüme üzerinde artırıcı bir etkisi bulunmaktadır.
İslamoğlu (2024)	Türkiye	1960-2019	Havayolu taşımacılığı ile büyüme arasında uzun vadeli ilişki vardır; yolcu ve yük taşımacılığı olumlu etkilemiştir.
Kılıç vd. (2024)	Türkiye	1960-2022	Yolcu ve yük taşımacılığı ekonomik büyümeyi olumlu etkilemiştir.
Raihan vd. (2024)	Malezya	1970-2020	Havayolu taşımacılığı, kısa ve uzun dönemde ekonomik büyümeyi olumlu etkilemiştir.
Uçar vd. (2024)	BRICS-T	1993-2021	Yük taşımacılığı ekonomik büyümeyi olumlu etkilerken, yolcu taşımacılığı olumsuz etkilemiştir.
Khanal vd. (2022)	Avustralya	1971-2019	Havayolu taşımacılığı kısa ve uzun dönemde ekonomik büyümeyi istatistiksel olarak olumlu yönde etkilemektedir.
Law vd. (2022)	Kamboçya, Laos, Myanmar, Vietnam	1970-2018	Uzun dönemde havayolu taşımacılığı ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü olumlu bir ilişki tespit edilmiştir.
Altuntaş & Kılıç (2021)	Türkiye	1960-2017	Yolcu trafiği ile ekonomik büyüme arasında eşbütünleşme vardır. Kısa vadede olumlu etki görülürken, uzun dönemde anlamlı değildir. Yolcu ve yük taşımacılığı ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü pozitif nedensellik saptanmıştır.

Wong vd. (2022)	Çin	2005-2017	Çin ve makro bölgelerinde havayolu taşımacılığı ekonomik büyümenin itici gücü olduğu tespit edilmiştir.
Balsalobre-Lorente vd. (2020)	İspanya	1970-2015	Hava taşımacılığı, ekonomik büyüme üzerinde olumlu ve anlamlı etkiler göstermektedir.
Eren vd. (2020)	Türkiye	1980-2018	Uzun dönemde yolcu sayısı ile ekonomik büyüme arasında pozitif ilişki vardır. Nedensellik analizine göre, büyümeden yolcuya tek yönlü pozitif etki saptanmıştır.
Tolcha vd. (2020)	Sahra Altı Afrika Ülkeleri	1981-2018	Güney Afrika, Kenya ve Nijerya'da büyümeden taşımacılığa pozitif ilişki; Etiyopya'da taşımacılıktan büyümeye pozitif ilişki; Senegal ve Angola'da ilişki yoktur.
Kıracı (2018)	Türkiye	1960-2015	İç/dış hat sayısı ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü pozitif nedensellik saptanmıştır.
Bal vd. (2017)	Türkiye	1967-2015	Uzun dönemde hava taşımacılığından ekonomik büyümeye tek yönlü pozitif etki saptanmıştır.
Küçükönal & Sedefoğlu (2017)	OECD	2000-2013	Kısa vadede büyüme, turizm ve istihdamdan hava taşımacılığına tek yönlü pozitif etki saptanmıştır.
Brida vd. (2016)	İtalya	1971-2012	Taşınan yolcu sayısı, ekonomik büyümeyi artırmaktadır.
Hakim & Merkert (2016)	Güney Asya	1973-2014	Uzun dönemde ekonomik büyümeden yolcu sayısı ve yük hacmine pozitif ilişki saptanmıştır.
Baltacı vd. (2015)	Türkiye	2004-2011	Aktif havalimanı sayısı ve trafik sıklığı, bölgesel ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilemektedir.
Hu vd. (2015)	Çin'deki 29 Eyalet	2006Q1-2012Q3	Uzun dönemde yolcu trafiği ile büyüme arasında çift yönlü pozitif ilişki; kısa vadede iç hatlardan büyümeye tek yönlü pozitif etki saptanmıştır.
Saheed & Iluno (2015)	Nijerya	1981-2012	Uzun dönemde hava taşımacılığından ekonomik büyümeye pozitif etki saptanmıştır.
Chi & Baek (2013)	ABD	1996-2011	Uzun dönemde yolcu ve yük taşımacılığı ekonomik büyümeyi artırırken, kısa vadede yalnızca yolcu sayısı etkili olmuştur.
Yao & Yang (2012)	Çin	1995-2006	Hava taşımacılığı; ekonomik büyüme, hizmet istihdamı, nüfus yoğunluğu ve ticari açıklıkla pozitif, kara taşımacılığıyla negatif ilişkilidir.
Marazzo vd. (2010)	Brezilya	1966-2006	Hava taşımacılığındaki artış, ekonomik büyüme ile entegre şekilde gerçekleşmektedir.

3. Veri Seti ve Ekonometrik Yöntem

Bu çalışmada, Almanya’da 1970-2021 dönemi için ekonomik büyüme ile havayolu taşımacılığı (yük ve yolcu taşımacılığı) arasındaki dinamik ilişkiler zaman serisi analizi yöntemiyle incelenmektedir. Veri eksikliğinden dolayı bu dönem ele alınmıştır. Modelde ekonomik büyüme değişkeni temsilen kişi başına reel GSYH (sabit 2015 ABD doları) kullanılmış; havayolu taşımacılığı ise yük (milyon ton/km) ve yolcu (milyon kişi) verileri ile temsil edilmiştir. Analiz sürecinde verilerin logaritmaları alınmış ve ekonometrik paket programlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Yao ve Yang (2012), Chi ve Baek (2013), Bal vd. (2017), Altuntaş ve Kılıç (2021), Eryer (2024), İslamoğlu (2024), Kılıç vd. (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışmalardan hareketle, çalışmanın modeli (1)’nolu denklemde belirtilmiştir.

$$\ln GSYH_t = \beta_0 + \beta_1 \ln YUK_t + \beta_2 \ln YOL_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

(1)’nolu denklemde t zaman boyutunu, ε_t hata terimini ifade etmektedir. Veri açıklamaları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Veri Açıklamaları

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
lnGSYH	Ekonomik büyüme (Kişi başına reel GSYH, sabit 2015 ABD doları)	Dünya Bankası
lnYUK	Havayolu ile taşınan yük miktarı, milyon ton/km	Dünya Bankası
lnYOLCU	Havayolu ile taşınan yolcu sayısı, milyon kişi	Dünya Bankası

Ampirik analizde öncelikle değişkenlerin durağanlık düzeyleri Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleriyle incelenmiştir. Değişkenlerin entegrasyon dereceleri belirlendikten sonra ekonomik büyüme ile havayolu taşımacılığı değişkenleri arasındaki uzun dönemli ilişki Johansen eşbütünleşme testi (Johansen, 1988; Johansen ve Juselius, 1990) ile analiz edilmiştir. Uzun dönem katsayılarının tahmini için ise FMOLS (Phillips ve Hansen, 1990), DOLS (Stock ve Watson, 1993) ve CCR (Park, 1992) yöntemleri kullanılmıştır.

4. Ampirik Bulgular

Tablo 3’de yer alan ADF ve PP birim kök test sonuçlarına göre lnGSYH, lnYUK ve lnYOLCU değişkenleri seviyelerinde durağan değildir. Ancak her üç değişkenin birinci farkları alındığında, test istatistikleri %1 anlamlılık düzeyinde kritik değerlerin altında çıkmış ve seriler durağan hale gelmiştir; bu da değişkenlerin I(1) düzeyinde bütünsel olduğunu ve aralarında uzun dönemli ilişkilerin analiz edilebileceğini göstermektedir.

Tablo 3. ADF ve PP Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	ADF		PP	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
lnGSYH	-1.847	-6.994***	-1.471	-15.668***
lnYUK	-2.031	-6.627***	-2.038	-6.630***
lnYOLCU	2.545	-8.017***	0.148	-7.994***

Not:*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. ADF kritik değerler; %1 (-4.152), %5 (-3.502), %10 (3.180). PP kritik değerler; %1 (-4.148), %5 (-3.500), %10 (-3.179).

VAR modeli için uygun gecikme uzunluğunun belirlendiği Tablo 4'e göre, gecikme uzunluğu seçim kriterlerinden LogL, LR, FPE, AIC, SC ve HQ'nun tamamı birinci gecikme düzeyinde en iyi değerleri vermiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, modelin istatistiksel olarak en uygun yapıya sahip olması için VAR analizinde 1. gecikme uzunluğunun kullanılması önerilmektedir.

Tablo 4. VAR Modeli Uygun Gecikme Uzunluğu

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-9.249	NA	0.000334	0.510	0.627	0.554
1	191.185*	367.465*	1.15E-07*	-7.466*	-6.998*	-7.289*
2	197.946	11.548	1.27E-07	-7.372	-6.554	-7.063
3	206.979	14.303	1.28E-07	-7.374	-6.204	-6.932

Johansen eşbütünleşme testi sonuçlarının yer aldığı Tablo 5'e göre, iz ve maksimum özdeğer istatistikleri $H_0: r = 0$ hipotezini %5 anlamlılık düzeyinde reddetmektedir; bu durum lnGSYH, lnYUK ve lnYOLCU değişkenleri arasında en az bir adet uzun dönemli eşbütünleşik ilişki olduğunu göstermektedir. Diğer hipotezler ($r \leq 1$ ve $r \leq 2$) ise reddedilemediğinden, sistemde yalnızca tek bir eşbütünleşme vektörünün varlığı kabul edilmekte ve bu da uzun dönemli denge ilişkilerinin analizine olanak tanımaktadır.

Tablo 5. Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Hipotez	Öz Değer İstatistiği	İz İstatistiği	%5 Kritik Değer	Olasılık Değeri
$H_0: r = 0^*$	0.4167	47.914**	42.915	0.0146
$H_1: r \leq 1$	0.2170	21.500	25.872	0.1592
$H_2: r \leq 2$	0.1765	9.514	12.518	0.1510
Hipotez	Öz Değer İstatistiği	Maksimum Öz Değer İstatistiği	%5 Kritik Değer	Olasılık Değeri
$H_0: r=0^*$	0.4167	26.414**	25.823	0.0418
$H_1: r \leq 1$	0.2170	11.986	19.387	0.4165
$H_2: r \leq 2$	0.1765	9.514	12.518	0.1510

Not: ** p<0.05.

Tablo 6’da sunulan FMOLS, DOLS ve CCR uzun dönem katsayı tahmincilerine göre, Almanya ekonomisi için lnYUK (yük taşımacılığı) ve lnYOLCU (yolcu taşımacılığı) değişkenlerinin GSYH üzerindeki etkileri istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. FMOLS tahminine göre, yük taşımacılığındaki %1 artış GSYH’yi %0.167 oranında; yolcu taşımacılığındaki %1 artış ise GSYH %0.117 oranında artırmaktadır. DOLS tahminine göre, yük taşımacılığındaki %1’lik artış GSYH’yi %0,137; yolcu taşımacılığındaki %1’lik artış ise GSYH’yi %0,138 oranında artırmaktadır.

CCR tahmincisine göre ise yük taşımacılığı %1 arttığında GSYH %0,169; yolcu taşımacılığı %1 arttığında GSYH %0,117 oranında artış göstermektedir. Bu bulgular, Almanya’da taşımacılık sektörünün ekonomik büyüme üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkisi olduğunu; özellikle yük ve yolcu taşımacılığının GSYH’yi destekleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 6. Uzun Dönem Katsayı Tahmincilerinin Sonuçları

Bağımlı Değişken: lnGDP	FMOLS			
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistiği	Olasılık Değeri
lnYUK	0.167	0.027	6.081	0.000***
lnYOLCU	0.117	0.024	4.839	0.000***
C	6.93	0.237	29.229	0.000***
DOLS				
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistiği	Olasılık Değeri
lnYUK	0.137	0.033	4.132	0.000***
lnYOLCU	0.138	0.031	4.375	0.000***
C	6.84	0.346	19.75	0.000***
CCR				
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistiği	Olasılık Değeri
lnYUK	LNAT	0.169	0.028	0.000***
lnYOLCU	LNAP	0.117	0.025	0.000***
C	C	6.922	0.246	0.000***

Not:*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

5. Sonuç ve Öneriler

Ulaşım sektörü, gelişen insani talepler ve ticaretin sürdürülmesi bağlamında günümüzün önemli sektörleri arasında yer almaktadır. Havayolu taşımacılığı ise bu sektör içinde dikkat çekici bir aktördür. Özellikle yolcu ve yük taşımacılığı ön plana çıkmakta; insanların uzak coğrafyalara hızlı ve konforlu şekilde seyahat etmesini sağlamakta, ticari faaliyetler için de kolaylık sunmaktadır. Bu nedenle havayolu ile yolcu ve yük taşımacılığı, ülkelerin politika yapıcıları açısından önem arz etmektedir.

Çalışmada, zaman serisi analizi yöntemi kullanılmış; değişkenlerin logaritmaları alınarak durağanlık düzeyleri ADF ve PP birim kök testleriyle incelenmiştir. Sonuçlara göre, değişkenlerin birinci farkları alındığında seriler durağan hale gelmiştir. Bu durum, uzun dönemli ilişkilerin analiz edilebileceğini göstermektedir. VAR modeli için en uygun gecikme uzunluğu bir olarak belirlenmiştir. Johansen eşbütünleşme analizinde değişkenler arasında en az bir uzun dönemli eşbütünleşme bağlantısı bulunmuştur. Eşbütünleşme vektörünün varlığı, uzun dönemli denge ilişkisinin analizine olanak tanımıştır.

FMOLS, DOLS ve CCR uzun dönem katsayı tahmincilerine göre, lnYUK (yük taşımacılığı) ve lnYOLCU (yolcu taşımacılığı) değişkenlerinin gayrisafi yurt içi hasıla üzerindeki etkileri istatistiksel olarak yüzde bir düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Üç yöntemin sonuçları da havayolu ile yolcu ve yük taşımacılığının ekonomik büyümeyi artırdığını göstermektedir. Bu bulgular, literatürdeki Marazzo vd. (2010), Yao ve Yang (2012), Chi ve Baek (2013), Brida vd. (2016), Balsalobre-Lorente vd. (2020), Eren vd. (2020), Wong vd. (2021), Khanal vd. (2022), Eryer (2024), İslamoğlu (2024), Kılıç vd. (2024) ve Raihan vd. (2024) gibi çalışmalarında desteklemektedir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular, Almanya’da havacılık sektörüne yapılacak yatırımların, gerekli altyapıların oluşturulmasının ve sektörü destekleyici politikaların uygulanmasının, sürdürülebilir ekonomik büyüme açısından hayati bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle hava kargo taşımacılığı alanında gerçekleştirilecek iyileştirmeler, Almanya’nın uluslararası ticari faaliyetlerini daha ileriye taşıma potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda, stratejik planlamalar ve yenilikçi yaklaşımlarla desteklenen yatırımlar, ülkenin küresel lojistik ağlarındaki rekabet gücünü artıracaktır. Gelecek çalışmalarda havayolu taşımacılığı; turizm harcamaları, sosyal küreselleşme ve mal ihracatı gibi değişkenlerle de modellenerek daha kapsamlı analizler yapılabilir.

Kaynakça

- Air Transport Action Group (ATAG). (2025). *Facts & figures*. <https://atag.org/facts-figures/> (Erişim Tarihi: 20.09.2025)
- Altuntaş, M., & Kılıç, E. (2021). Havayolu taşımacılığı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesi: Türkiye örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(1), 187-202.
- Bakırcı, M. (2012). Ulaşım coğrafyası açısından Türkiye’de havayolu ulaşımının tarihsel gelişimi ve mevcut yapısı. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (25), 340-377.
- Bal, H., Manga, M., & Akar, P. G. (2017). Havacılık sektörü ve ekonomik büyüme: Türkiye örneği. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 45(45), 353-366.
- Balsalobre-Lorente, D., Driha, O. M., Bekun, F. V., & Adedoyin, F. F. (2020). The asymmetric impact of air transport on economic growth in Spain: Fresh evidence from the tourism-led growth hypothesis. *Current Issues in Tourism*, 24(4), 503-519.
- Baltacı, N., Sekmen, O., & Akbulut, G. (2015). The relationship between air transport and economic growth in Turkey: Cross-regional panel data analysis approach. *Journal of Economics and Behavioral Studies*, 7(1), 89-96.
- Bartulović, D., Abramović, B., Brnjac, N., & Steiner, S. (2022). Role of air freight transport in intermodal supply chains. *Transportation Research Procedia*, 64, 119-127.
- Bieger, T., & Wittmer, A. (2006). Air transport and tourism—Perspectives and challenges for destinations, airlines and governments. *Journal of Air Transport Management*, 12(1), 40-46.
- Boonekamp, T., & Burghouwt, G. (2017). Measuring connectivity in the air freight industry. *Journal of Air Transport Management*, 61, 81-94.
- Brida, J. G., Bukstein, D., & Zapata-Aguirre, S. (2016). Dynamic relationship between air transport and economic growth in Italy: A time series analysis. *International Journal of Aviation Management*, 3(1), 52-67.
- Büyükoçkan, G., & Mukul, E. (2018). Akıllı lojistik için ulaşım stratejileri. 7. *Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi (ULTZK 2018) Bildiriler Kitabı*, 86-95.
- Chi, J., & Baek, J. (2013). Dynamic relationship between air transport demand and economic growth in the United States: A new look. *Transport Policy*, 29, 257-260.
- Crainic, T. G., Gendreau, M., & Potvin, J. Y. (2009). Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(6), 541-557.

- Çevik, S., & Kaya, S. (2010). Türkiye'nin lojistik potansiyeli ve İzmir'in lojistik faaliyetleri açısından durum (SWOT) analizi. *İzmir Ticaret Odası Ar-Ge Bülteni*, 22-28.
- Deniz, T. (2016). Türkiye'de ulaşım sektöründe yaşanan değişimler ve mevcut durum. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 21(36), 135-156.
- Duval, D. T. (2013). Critical issues in air transport and tourism. *Tourism Geographies*, 15(3), 494-510.
- Emirkadı, Ö., & Balcı, H. (2018). Lojistik sektörü ve Türkiye dış ticaretine etkileri. *Journal of Institute of Economic Development and Social Researches*, 4(8), 123-132.
- Erdoğan, H. T. (2016). Ulaşım hizmetlerinin ekonomik kalkınma üzerine etkisi. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 187-215.
- Eren, A. S., Eryer, A., & Eryer, S. (2020). Havayolu taşımacılığı ve ekonomik büyüme ilişkisinin incelenmesi: Türkiye örneği. *Uluslararası Sosyal Bilimler ve Eğitim Dergisi*, 2(3), 236-257.
- Eroğlu, Y. (2020). Küresel pandemi öncesi havayolu şirketlerinde yolcu tutumlarına etki eden unsurların tespit edilmesine yönelik bir değerlendirme. *Journal of Hospitality and Tourism Issues*, 2(1), 25-38.
- Eryer, A. (2024). Kırılgan beş ülkede hava taşımacılığının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi: Ampirik bir tahmin. *Siyaset Çalışmaları*, 11(1), 24-37.
- Hakim, M. M., & Merkert, R. (2016). The causal relationship between air transport and economic growth: Empirical evidence from South Asia. *Journal of Transport Geography*, 56, 120-127.
- Hu, Y., Xiao, J., Deng, Y., Xiao, Y., & Wang, S. (2015). Domestic air passenger traffic and economic growth in China: Evidence from heterogeneous panel models. *Journal of Air Transport Management*, 42, 95-100.
- Işıklar, Z. E., Canöz, N., & Ertek, A. (2021). Havayolu talebine yönelik yolcu profili ve tercihlerinin belirlenmesi: Konya örneği. *Journal of Management and Economics Research*, 19(2), 239-260.
- İslamoğlu, B. (2024). Türkiye'de havayolu taşımacılığı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin yapısal kırılmalı ekonometrik yöntem yaklaşımıyla incelenmesi. *Uluslararası İşletme, Ekonomi ve Yönetim Perspektifleri Dergisi*, 5(2), 749-759.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254.

- Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210.
- Kasarda, J. D., & Green, J. D. (2005). Air cargo as an economic development engine: A note on opportunities and constraints. *Journal of Air Transport Management*, 11(6), 459-462.
- Khanal, A., Rahman, M. M., Khanam, R., & Velayutham, E. (2022). Exploring the impact of air transport on economic growth: New evidence from Australia. *Sustainability*, 14(18), 11351.
- Kılıç, E., Pazarcı, Ş., Kale, S., & Kızıl, M. (2024). Havayolu yolcu/yük taşımacılığının ekonomik büyüme üzerindeki asimetric davranışının incelenmesi: Türkiye için ampirik bir uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26(4), 1758-1774.
- Kıracı, K. (2018). Havayolu taşımacılığı ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik analizi: Türkiye üzerine ampirik bir uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33(1), 197-216.
- Kurth, M., Kozłowski, W., Ganin, A., Mersky, A., Leung, B., Dykes, J., & Linkov, I. (2020). Lack of resilience in transportation networks: Economic implications. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86, 102419.
- Küçükönel, H., & Sedefoğlu, G. (2017). The causality analysis of air transport and socio-economics factors: The case of OECD countries. *Transportation Research Procedia*, 28, 16-26.
- Law, C. C., Zhang, Y., Gow, J., & Vu, X. B. (2022). Dynamic relationship between air transport, economic growth and inbound tourism in Cambodia, Laos, Myanmar and Vietnam. *Journal of Air Transport Management*, 98, 102161.
- Mačiulis, A., Vasiliauskas, A. V., & Jakubauskas, G. (2009). The impact of transport on the competitiveness of national economy. *Transport*, 24(2), 93-99.
- Marazzo, M., Scherre, R., & Fernandes, E. (2010). Air transport demand and economic growth in Brazil: A time series analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(2), 261-269.
- Mazzola, F., Cirà, A., Ruggieri, G., & Butler, R. (2022). Air transport and tourism flows to islands: A panel analysis for southern European countries. *International Journal of Tourism Research*, 24(5), 639-652.
- Mehmood, B., Aleem, M., & Shahzad, N. (2015). Air transport and macroeconomic performance in Asian countries: An analysis. *Pakistan Journal of Applied Economics*, 25(2), 179-192.

- Njoya, E. T., & Nikitas, A. (2020). The role of air transport in employment creation and inclusive growth in the Global South: The case of South Africa. *Journal of Transport Geography*, 85, 102738.
- Oral, C., & Kıpık, E. (2019). Ulaştırma sektörünün önemi üzerine kavramsal bir yaklaşım. *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 58-64.
- Papatheodorou, A. (2002). Civil aviation regimes and leisure tourism in Europe. *Journal of Air Transport Management*, 8(6), 381-388.
- Park, J. Y. (1992). *Canonical cointegrating regressions*. *Econometrica*, 60(1), 119-143.
- Phillips, P. C. B., & Hansen, B. E. (1990). *Statistical inference in instrumental variables regression with I(1) processes*. *Review of Economic Studies*, 57(1), 99-125.
- Raihan, A., Voumik, L. C., Akter, S., Ridzuan, A. R., Fahlevi, M., Aljuaid, M., & Saniuk, S. (2024). Taking flight: Exploring the relationship between air transport and Malaysian economic growth. *Journal of Air Transport Management*, 115, 102540.
- Saheed, A. A. A., & Iluno, S. Z. C. (2015). Air transportation development and economic growth in Nigeria. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 6(2), 1-11.
- Shepherd, B., Shingal, A., & Raj, A. (2016, December). *Value of air cargo: Air transport and global value chains*. Montreal: IATA.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993). *A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems*. *Econometrica*, 61(4), 783-820.
- Tolcha, T. D., Bråthen, S., & Holmgren, J. (2020). Air transport demand and economic development in sub-Saharan Africa: Direction of causality. *Journal of Transport Geography*, 86, 102771.
- Uçar, M., Ülger, M., & Atamer, M. A. (2024). Havayolu taşımacılığı ile ekonomik büyüme arasındaki dinamik ilişki: BRICS-T ülkeleri örneği. *Fiscaoeconomia*, 8(1), 149-168.
- Wong, D. W. H., Zhao, S. X. B., & Lee, H. F. (2022). Air transport, economic growth, and regional inequality across three Chinese macro-regions. *Geographical Research*, 60(3), 446-462.
- World Bank. (2025). *World development indicators*. <https://databank.worldbank.org/> (Erişim Tarihi: 11.09.2025)
- Yao, S., & Yang, X. (2012). Air transport and regional economic growth in China. *Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics*, 19(3), 318-329.

Zhang, F., & Graham, D. J. (2020). Air transport and economic growth: A review of the impact mechanism and causal relationships. *Transport Reviews*, 40(4), 506-528.



BÖLÜM 4

Havacılık Sektörünün Makro Ekonomik Etkileri: Gelişmelerin Gölgesinde Uçak Kazaları

Melahat Batu Ağırkaya¹

Giriş

Küreselleşmenin hızlandırdığı ekonomik entegrasyon sürecinde, havacılık sektörü, makroekonomik değişkenlerle güçlü bir etkileşim içinde olup ekonomik büyüme, uluslararası ticaret, turizm ve istihdam gibi temel göstergeler üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Hızlı, güvenilir ve verimli bir ulaşım ağı sunan hava taşımacılığı küresel pazarlara erişimi hızlandırarak ekonomik büyümeye doğrudan katkı sunmaktadır. Sektör, yeni havalimanlarının inşası ve mevcut altyapıların modernizasyonu, turizm odaklı yaklaşımları benimseyerek ve çeşitli yan sektörleri destekleyerek ekonomik canlılığı artırmaktadır. Havacılık taşımacılığı sektörünün makroekonomik değişkenlerle ilişkisi, özellikle istihdam ve gelir artışı üzerinden kendini göstermektedir. Hava kargo taşımacılığı, ticareti güçlendirerek ülkeler arası rekabeti artırmakta; turizm sektöründen sağlanan döviz gelirleri ise altyapı yatırımlarını destekleyerek ekonomik büyümeyi hızlandırmaktadır. Hava yolu taşımacılığı makroekonomik faktörlerle karşılıklı bir nedensellik ilişkisi içerisindedir. Bu sektörünün makroekonomik değişkenlerle olan bağı, aynı zamanda unsurlarıyla karmaşık ve çok boyutlu bir etkileşim sergilemektedir.

Hava taşımacılığı sektörü, ticareti güçlendiren dinamik bir yapı sunmasına rağmen meydana gelen kazalar, sektörün güvenilirliğin ve piyasa duyarlılığını olumsuz yönde etkilemekte ve tedarik zincirinde aksamalara yol açabilmektedir. Güvenli hava taşımacılığı ülkelere arasındaki bağları güçlendirirken, güvenlik tehditleri refahı ve ekonomik kazanımları olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Havacılık kuruluşları, bu tehditlere karşı uyguladıkları önlemlerle kazaları önemli ölçüde azaltmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, havacılık sektörünün makroekonomik değişkenler üzerindeki etkilerini, uçak kazalarının ekonomik ve operasyonel sonuçlarını ve güvenlik standartlarının rolünü kavramsal bir çerçevede analiz etmektir. Bu bağlamda, belli temel göstergeleri Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) veri tabanından elde edilen veriler ışığında incelenmektedir. Çalışmada giriş bölümünden sonra havacılık sektörünün makro ekonomik

¹ Doç. Dr., Iğdır üniversitesi Meslek Yüksek okulu Finans Bankacılık ve Sigortacılık Programı, Orcid:

göstergeler üzerindeki etkileri, uçak kazalarının nedenleri ve güvenlik önlemleri kapsamında genel teorik bilgi verilmiş ve son olarak verilerden hareketle değerlendirme yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

1.HAVACILIK SEKTÖRÜ MAKRO EKONOMİK ETKİLER

Ekonomik küreselleşmenin artması dünya ekonomisinde, sanayi, ticaret ve lojistik sektöründe de birtakım yapısal değişimlere yol açmıştır (Mehmood vd, 2023: 2). Lojistik sektör ağı içerisinde yer alan hava taşımacılığı, stratejik bir sektörü olup mal ve insanların bir yerden diğerine en hızlı şekilde taşınmasını sağlamaktadır. Bununla beraber konforu, rahatlığı ve ekonomik faaliyetleri artıran yönüyle de önemli bir ulaşım ağıdır (Ali vd, 2023: 2; Law vd, 2022: 2; Atioğlu, 2021: 1937). Havayolu taşımacılığı, uzak pazarlara hızlı, güvenilir ve verimli mal transferi imkânı sunarak, ülkeler arası rekabetçi ticareti güçlendirmekte, yeni istihdam fırsatları yaratmakta, turizmi canlandırmakta ve yabancı ile özel yatırımlarla üretimi artırarak yüksek katma değer sağlamaktadır (Kasarda ve Green, 2005: 460; Küçükönal ve Sedefoğlu, 2017: 17; Law vd, 2022: 2). Hava taşımacılığı, küresel ölçekte sağladığı ekonomik bütünleşme sayesinde üretim kaynaklarına hızlı erişim sağlamak ve ekonomik aktiviteyi iyileştirmektedir (Tolcha vd, 2020: 2). Havacılık sektörü, havayollarının ve yer tabanlı altyapının yönetimi gibi çeşitli alanlarda istihdam olanakları sunarak ve ekonomik faaliyetleri canlandırmaktadır (World Economic Forum, 2013: 57-58). Makro ekonomik açıdan hava taşımacılık endüstrisinin önemli çarpan etkileri olduğu görülmektedir. Havacılık sektörü, pilotlar, kabin ekibi, yer hizmetleri personeli ve teknik bakım uzmanları gibi çeşitli meslek gruplarına istihdam fırsatları sunarak iş olanaklarını artırmaktadır (Dwyer vd, 2000: 326; Dimitrios vd, 2017: 5244). Bunun yanı sıra, havacılık sektöründe faaliyet gösteren şirketler, farklı mesleki niteliklere sahip çalışanlara, perakende satış mağazalarından çeşitli tüketim mal ve hizmetlerinin sağlanmasına kadar geniş bir yelpazede istihdam fırsatları sunmaktadır (İslamoğlu, 2021: 751; World Economic Forum, 2013: 57-58). Böylece sağladığı istihdam, kişi başına düşen geliri artırmaktadır. Ekonomik büyümeyi diğer bir ifadeyle “Gayrisafi Yurt İçi Hasılayı (GSYİH)” doğrudan etkilemektedir (Dwyer vd, 2000: 326; Dimitrios vd, 2017: 5244). Dahası işsizliği azaltarak, yaşam ve çalışma koşullarını iyileştirerek, sosyal korumayı iyileştirmekte ve insan kaynaklarını geliştirerek hedefleri güçlendirmektedir (Dimitriosa vd, 2017: 5245). Turizm, döviz girdisi ve altyapı gelişimiyle ekonominin farklı sektörlerini canlandırarak sosyo-ekonomik kalkınmaya önemli katkı sunan dinamik bir faktördür (Dimitrios vd, 2017: 5245). Havacılık sektörünün eğlence ve tatil seyahatlerinin hızla yaygınlaşması üzerinde de dolaylı etkileri vardır. Sektörün serbestleşmesi, ücretlerin düşmesi şeklinde fiyat esnekliği sağlamak ve turizm potansiyelini artırmaktadır (Dwyer vd, 2000: 326; Dimitrios vd, 2017: 5244). Havacılık sektörü, hava kargo taşımacılığı ile dış

ticarete önemli bir rol oynar. Bu faaliyet, teknoloji, gıda, ilaç ve otomotiv gibi alanlarda ticareti güçlendirir. Havacılık sektöründeki gelişmelerle yeni havalimanları inşası ve mevcut olanların modernize edilmesi, ulaşım ve bağlantı ağlarını geliştirmekte ve böylece havaalanı çevresinde yer alan oteller, alışveriş merkezleri ve iş merkezleri ile olan ticaretle ekonomiye katkı sağlamaktadır (Aslan, 2025: 82-83).

Sektör ekonomik büyüme, ticaret, turizm ve altyapı üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır. Ancak, ham petrol fiyatlarındaki dalgalanmalar, kârlılık ve verimlilik artışı, rekabet, ekonomik durgunluk, siyasi değişimler, mali baskılar, teknolojik yenilikler ve salgın hastalıklar gibi çeşitli faktörler, havacılık sektörünü farklı biçimlerde etkilemektedir (Addepalli vd, 2028: 6: Teffera, 2016: 2). Bu bağlamda sektörün kâr elde etmek ve verimliliği sağlama amacı şirketleri bazı iş stratejilerine yönlendirmektedir. Bu stratejiler maliyet tasarrufu ve kontrol mekanizmalarının uygulanması, temel olmayan iş faaliyetlerinin dış kaynaklarla gerçekleştirilmesi, az kârlı uçuş rotalarını azaltılması, birleşme şeklinde bazı ticari iş birliği anlaşmaların yapılması ve bölgesel havayollarını satın alınması gibi yöntemlerden oluşmaktadır (Teffera, 2016: 11). Sektörde, havalimanı kaynaklarının doğru tahsis edilmesi ve uçuş bağlantısının iyi organize edilmesi kâr elde etme kabiliyetin artırmaktadır (Dobruszkes ve Hamme, 2011: 1388).

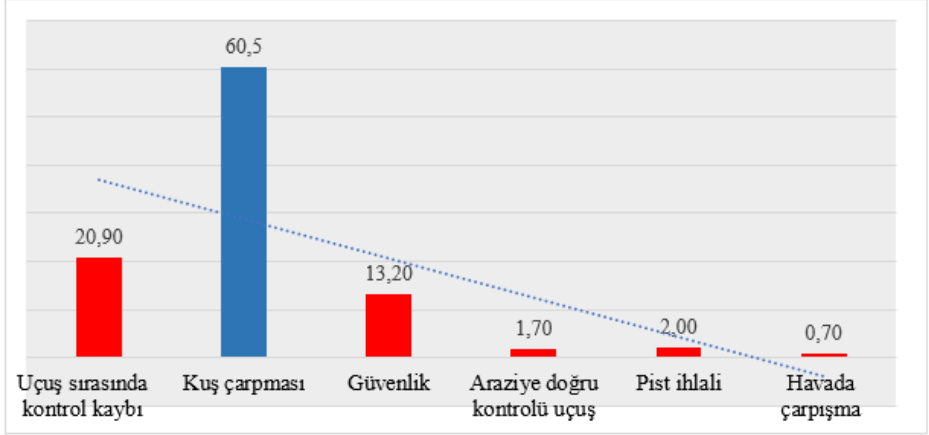
Havayolu sektörünü etkileyen bir diğer önemli unsur, yakıt maliyetleridir. Bu nedenle, yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalara karşı önlemler alınması ve havacılık kaynaklı karbon emisyonlarının neden olduğu çevresel sorunları azaltmak amacıyla çeşitli kısıtlamalar uygulanmıştır. Bunun yanı sıra, yakıt tüketimini azaltmak için yeni teknolojik gelişmelere ve alternatif yakıtlara yönelik yatırımlar teşvik edilmiştir (Zlatea vd, 2022: 285). Küreselleşmenin hızlı temposu, havacılık sektörünü daha fazla ön plana çıkararak yeni pazarlara entegrasyonunu sağlamıştır. Havacılık taşımacılığı, sürekli yenilikçi teknolojilerle gelişmişlik düzeyini yükselterek daha ileri bir konuma ulaşmıştır. Bu sayede düşük maliyetlerle sunulan uygun fiyatlar, sektörde önemli bir rekabet avantajı yaratmıştır (Ethan, 2024: 3).

2. HAVACILIK SEKTÖRÜ SORUNLARI

2. 1. Havacılık Sektöründe Kazalar ve Önlemler

Hava taşımacılığı sektörünün en önemli risklerinden biri uçak kazalarıdır. Dünya genelinde büyük felaketlere yol açabilen bu kazaların kuş çarpması, yıldırım düşmesi, olumsuz meteorolojik koşullar, volkanik patlamalar, insan hataları, kültürel farklılıklar ve teknik arızalar gibi çeşitli nedenleri bulunmaktadır (Uslu ve Dönmez, 2016: 224; Chen ve diğerleri, 2017: 207). Aşağıda 2024 yılı için olay kategorilerine göre kazaların genel görünümü verilmektedir.

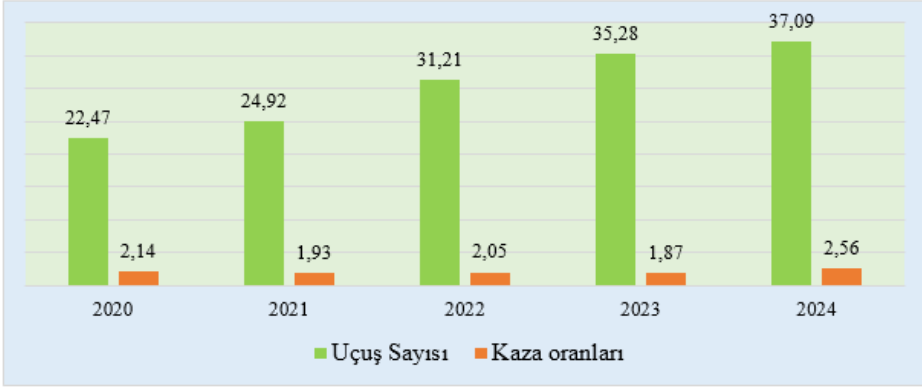
Grafik 1. Olay Kategorilerine Göre Kazaların Genel Görünümü %, (2024)



Kaynak: Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO)

Grafik 1, 2024 yılında uçak kazalarının nedenlerini yüzdesel olarak göstermektedir. Kuş çarpmaları %60,5 ile en yaygın neden olup, bunu %20,9 ile insan faktörüne bağlı kontrol kaybı izlemektedir. Bu, özellikle kalkış ve iniş sırasında kuş sürüleriyle temas sonucu ciddi risk oluşturduğunu göstermektedir. İkinci en büyük etken ise %20,9 oranla insan faktörüne bağlı uçuş sırasında kontrol kaybıdır. Bununla birlikte, güvenlik hizmetlerindeki yetersizlikler de kazalarda belirleyici bir rol oynamaktadır. Verilere göre, kazaların %13,2'si güvenlik ihmallerinden kaynaklanmaktadır. Diğer nedenler arasında ise arızalı iniş, pist ihlali, havada çarpışma ve %0,3 oranla yer hizmetlerindeki aksaklıklar, sistem arızaları ile türbülans gibi unsurlar yer almaktadır. Bu faktörler, düşük oranlarla da olsa, uçak kazalarının karmaşık doğasını ve çoklu risk kaynaklarını ortaya koymaktadır. Genel olarak Grafik 1'de olay kategorilerinin daha iyi anlaşılmasında toplam uçuş sayısı ne olduğu ve bu uçuşlarda meydana gelen kaza oranında önemlidir. Bu bağlamda Aşağıda Grafik 2'de uçuş sayısı ve kaza oranları verilmiştir.

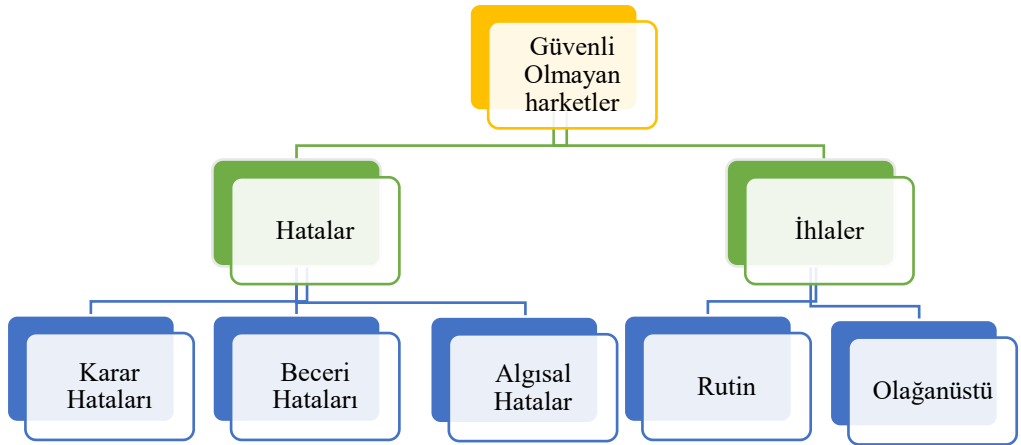
Grafik 2. Dünya Geneli Toplam Uçuş Sayısı ve Kaza Oranları (Milyon, %)



Grafik 2’de 2020 yılı istatistiklerine göre, uçuş sayısı 22,47 milyon olarak kaydedilmiş, kaza oranı ise %2,14 seviyesinde gerçekleşmiştir. Bu veriler, pandemi döneminin etkilerine rağmen Türkiye sivil havacılık sektöründeki yoğun uçuş trafiğini yansıtır. Uçuş hacmindeki bu seviye, sektörün dayanıklılığını ortaya koyarken, %2,14’lük kaza oranı, emniyet standartlarının genel olarak istikrarlı olduğunu gösterir. 2021 yılında uçuş sayısı 24,92 milyona yükselmiş, kaza oranı ise %1,93’e gerilemiştir. Pandemi sonrası toparlanma sürecinde uçuş sayısındaki artış, sektörün canlanışını ifade ederken, kaza oranındaki düşüş, güvenlik önlemlerinin iyileştirilmesi ve operasyonel süreçlerin optimize edilmesiyle ilişkilendirilebilir. 2022 yılında uçuş sayısı 31,21 milyon sefere ulaşmış, ancak kaza oranı %2,05’e yükselmiştir. Uçuş sayısındaki bu belirgin artış, havacılık sektörünün büyüdüğünü gösterse de kaza oranındaki hafif yükseliş, artan uçuş yoğunluğunun yol açtığı risklerden veya hava koşulları ya da teknik sorunlar gibi spesifik olaylardan kaynaklanmış olabilir. 2023 yılında uçuş sayısı 35,28 milyon sefere ulaşarak büyümeyi sürdürmüştü, kaza oranı ise %1,87’ye gerilemiştir. Bu düşüş, güvenlik standartlarının güçlendirildiğini, risk yönetimi ve güvenlik protokollerinin etkin bir şekilde uygulandığını ortaya koymaktadır. 2024 yılında uçuş sayısı 37,09 milyon ile rekor seviyeye ulaşmış, ancak kaza oranı %2,56’ya yükselmiştir. Bu artış, sektörde önceki yıllara göre daha yüksek bir risk düzeyine işaret eder. Özellikle, 2024’te 6 kişinin hayatını kaybettiği bir kaza, bu oranı yukarı çekmiş olabilir. Yoğun uçuş trafiği, hava koşulları veya operasyonel zorluklar, bu yükselişte rol oynamış olabilir.

Meteorolojik koşullar hava taşımacılığının güvenliği noktasında her zaman önemli bir faktör olmuştur. Ancak güvenlik önlemlerinin yeterliliğine rağmen hava durumuna bağlı etkenler kazalarının artmasının önemli bir nedeni olmuştur (Mazon vd, 2018: 26). Öte yandan sektördeki teknolojik gelişmelere rağmen meydana gelen kazaların büyük kısmı uçuş ekibinin güvenli olmayan

eylemlerinden kaynaklandığı görülmektedir. Havacılık sektöründe insanı faktörünü negatif yönden etkileyen; eğitim, tecrübe, stres/baskı, iş yükü, çalışma saatlerinin uzunluğu, sıcak ve soğuk, gürültü vb., gibi etkenler kazalara neden olmaktadır (Çetin ve Kaya, 2025: 360; Shappell ve Wiegmann, 2001: 1). Kaza oranlarını artıran nedenlerinden uçuş ekibinin güvenli olmayan eylemlerinin temelinde, hatalar ve ihlaller yer almaktadır. Hata, hedefe ulaşmayı engelleyen zihinsel veya fiziksel eylemlerden oluşmaktadır. Hatalar karar, beceri ve algısal nedenlerden kaynaklanmaktadır. İhlaller, uçuş güvenliğindeki kural ve düzenlemelerinin kasıtlı göz ardı edilmesidir (Reason, 1990: 428; Rasmussen, 1982: 5). İhlaller ise rutin ve olağanüstü sebeplere bağlı olarak gerçekleşmektedir. Aşağıda uçuş ekibinin güvenli olmayan eylem kategorileri verilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Uçuş Ekibi Güvenli Olmayan Eylem Kategorileri
Kaynak: Shappell ve Wiegmann, (2001:11)

Havacılık sektöründe meydana gelen kazalar, piyasalarda şok etkisi yaratarak piyasa duyarlılığını artırmakta ve havayolu şirketlerinin hisse senedi fiyatlarında düşüşe, kârlılık oranlarında ve rekabet gücünde azalmaya, dolayısıyla da piyasa kayıplarına neden olmaktadır (Akyıldır vd, 2020: 2). Kazaların yol açtığı doğrudan maliyetler arasında tıbbi bakım giderleri, uçağın onarımı veya değiştirilmesi sırasında ortaya çıkan maddi hasarlar, kaza sonrası arama ve kurtarma operasyonlarının masrafları, kaza soruşturma maliyetleri, kazadan kaynaklanan hukuki ve sigorta talepleri, küresel rota değişiklikleri nedeniyle ticaret kayıpları ve tedarik zincirlerinde yaşanan aksamalar yer almaktadır.

Dolaylı maliyetler ise iş göremezlik ya da ölüm nedeniyle üretim kayıpları ve gelir kaybı gibi unsurları kapsamaktadır (Sheffield vd, 2025: 2).

2.2. Havacılıkta Güvenlik

Havacılık sektörü, küresel ekonomide önemli bir rol oynamaktadır. Havacılık sektörü, Yüksek risk taşıyan diğer kuruluşlarda olduğu gibi, güvenlikle ilgili sorunları en aza indirmek amacıyla güvenlik standartlarını artırmaya odaklanmaktadır (Bhattarai vd, 2022: 29). Güvenli hava taşımacılığı, devletler arasında ekonomik, siyasi ve kültürel bağları güçlendirmenin yanı sıra büyüme ve kalkınmayı da desteklemektedir. Bununla birlikte, havacılık güvenliğini tehdit eden çeşitli eylemler, ülkelerin refahını, güvenlik algısını ve ekonomik kazanımlarını olumsuz yönde etkilemektedir (Işılar, 2022: 61).

Havacılık sektörü, ileri teknoloji ve yüksek riske sahip ulaşım ağı olması nedeniyle sektörde kazalar kaçınılmazdır. Bu durum, insan hatasına paralel olarak, kazalara ve olaylara neden olan diğer sistemik faktörlerin de araştırılması ihtiyacını doğurmuştur. Bu nedenle havacılık kuruluşları emniyete yönelik tehditlerin her zaman olacağı varsayarak uçak kazaları meydana gelmeden önce tehditleri belirlemesi ve önlem alması gerekmektedir (Gilla ve Shergill, 2004: 233). Bu bağlamda uçuş sırasında güvenlik iyileştirmesi kapsamında, uçaklardaki teknolojik gelişmeler, kaza soruşturmaları, geliştirilmiş kokpit ses kayıt cihazları ve yere yakınlık uyarı cihazlarının geliştirilmesi kazaları tamamen ortadan kaldırmıştır. Pilot eğitimindeki gelişmeler ve hava trafik yönetimindeki iyileştirmeler, uçuş güvenliğini önemli ölçüde artırmış ve güvenlik standartlarının yükselmesine katkıda bulunmuştur (Stolzer vd, 2008: 345; Rodrigues ve Cusick, 2012: 321; Oster vd, 2013: 149).

SONUÇLAR

Havacılık, sektörünün dünyada hızla gelişmesi uluslararası ve kıtalararası entegrasyon ve bütünleşmede önemli bir rol oynamaktadır. Havacılık sektörü dış ticaret, turizm vb., gibi alanlara etki ederek ülke ve dünya ekonomilerine şekillendirmekte, aynı zamanda ekonomik hacmi artırmaktadır. Ülkeler arasında kültürel ve ticari köprüler kurarak sosyoekonomik refahının yükselmesine katkı sağlamaktadır. Havacılık sektörünün karmaşık yapısı ve küresel etkisi, onu çeşitli zorluklarla karşı karşıya bırakmakta ve güvenlik önlemlerine ilişkin sorunlar, uçak kazaları gibi ciddi sonuçlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, havacılık güvenliği açısından kazaların nedenlerini anlamak büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, güvenlik iyileştirmeleri yapmak ve sıkı düzenlemeler ile standartlar geliştirmek, havayolu şirketlerini çeşitli maliyetlerden kurtarabilir, aynı zamanda yolcuların havacılık sektörüne olan güvenini artırarak önemli faydalar sağlayabilir. Uçak kazalarının nedenleri arasında kuş çarpmaları, insan faktörüne bağlı kontrol kayıpları ve güvenlik ihmalleri öne çıkmaktadır. Arızalı inişler, pist

ihlalleri, havada çarpışmalar ve yer hizmetlerindeki aksaklıklar ise daha düşük bir oranda görülse de, kazaların karmaşık doğasını gözler önüne sermektedir. 2020-2024 yılları arasında Türkiye sivil havacılık sektöründe uçuş sayılarında artış gözlenmesine rağmen, kaza oranlarının dalgalı bir seyir izlediği dikkat çekmektedir. Kazalarda hayatını kaybedenlerin sayısı incelendiğinde, uçuş yoğunluğunun artması, hava koşulları veya operasyonel zorlukların önemli sorunlar yarattığı anlaşılmaktadır. Bu bulgular, güvenlik standartlarının güçlendirilmesi ve risk yönetiminin daha etkin hale getirilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. İnsan faktörünün etkisini azaltacak kontrol sistemlerinin daha işlevsel ve operasyonel hale getirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, Türkiye’de pilot aşamasındaki teknolojilerin uygulanması için altyapı yatırımlarının güçlendirilmesi kritik bir adımdır. Kuş çarpmalarını önlemek amacıyla İstanbul Havalimanı’nda Nesnelerin İnterneti (IoT) sistemleri kısmen uygulanmaktadır. Bu tür pilot projelerin yaygınlaştırılması için ek fon sağlanması ve uluslararası iş birliği geliştirilmesi, teknolojik yeniliklerin ve veri odaklı yaklaşımların entegrasyonu ile Türkiye sivil havacılık sektöründe güvenlik standartlarını güçlendirebilir ve risk yönetimini iyileştirebilir. Uçuş yoğunluğunun artmasıyla ortaya çıkan zorluklara karşı, olası riskleri önceden değerlendirerek bu riskleri yönetmek için proaktif önlemler alınması, kazaların önlenmesinde ve sektörün sürdürülebilir büyümesinde hayati bir rol oynayacaktır.

KAYNAKÇA

- Akyildirima, E., Corbetb, S., Efthymioub, M., Guiomard, C., O'Connell, J., & Sensoye, A. (2020). The financial market effects of international aviation disasters. *International Review of Financial Analysis*, 69, 101468. Doi: [g/10.1016/j.irfa.2020.101468](https://doi.org/10.1016/j.irfa.2020.101468)
- Ali, R., Bakhsh, K. & Yasin, M. A. (2023). Causal Nexus Between Air Transportation and Economic Growth in BRICS Countries. (2023). *Journal of Air Transport Management*, 107, 102335. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2022.102335>
- Anadolu Ajansı. (2025). <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/sabiha-gokcen-havalimanindaki-ucak-kazasinin-uzerinden-4-yil-gecti/3127955> adresinden alındı
- Aslan, A. (2025). Hava Taşımacılığı, Ticaret Açıklığı ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Analizi: Türkiye Ekonomisine İlişkin Kanıtlar. *Journal of Aerospace Science and Management*, 3(1), 81-94.
- Atioğlu, E. (2021). Türk Sivil Havacılık Sektörünün Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 11(4), 1936-1945. Doi: <https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.872160>
- Addepalli, S., Pagalday, G., Salonitis, K., & Roy, R. (2018). Socio-economic and demographic factors that contribute to the growth of the civil aviation industry. *Procedia Manufacturing*, 19, 2-9.
- Bhattarai, A., Dhakal, S., Gautam, Y., Bhattarai, N., Jha, B., & Utsav, S. (2022). Perception of safety culture in the Nepalese aviation industry: A factor analysis approach. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 16, 100773. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100723>
- Chen, Z., Rose, A., Prager, F., & Chatterjee, S. (2017). Economic consequences of aviation system disruptions: A reduced-form computable general equilibrium analysis. *Transportation Research Part A*, 95, 207-226. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2016.09.027>
- Çetin, D., & Kaya, L. (2025). Hava Trafik Kontrolörleri Ekseninde Havacılık Kazaları: Bir Tarama Analizi Örneği. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 17(103), 353-374.
- Dimitrios, D., John, M., & Maria, S. (2017). Quantification of the air transport industry socio-economic impact on regions heavily depended on tourism. *Transportation Research Procedia*, 25, 5242-5254.
- Dobruszkes, F., & Hamme, G. (2011). The impact of the current economic crisis on the geography of air traffic volumes: An empirical analysis. *Journal of*

Transport Geography, 19(6), 1387-1398. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2011.07.015

- Dwyer, L., Forsyth, P., Madden, J., & Spurr, R. (2000). Economic impacts of inbound tourism under different assumptions regarding the macroeconomy. *Current Issues in Tourism Journal*, 3(4), 325–363.
- Ethan, W. (2024). Competition and Development in the Aviation Industry: An Analysis of Strategic Adaptability and Challenges. Haaga-Helia University.
- Gilla, G., & Shergill, G. (2004). Perceptions of safety management and safety culture in the aviation industry in New Zealand. *Journal of Air Transport Management*, 10, 233–239.
- İslamoğlu, B. (2021). Türkiye’de Havayolu Taşımacılığı ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Yapısal Kırılmalı Ekonometrik Yöntem Yaklaşımıyla İncelenmesi. *Uluslararası İşletme, Ekonomi ve Yönetim Perspektifleri Dergisi*, 5(2), 749-759.
- Işlar, H. (2022). Havacılıkta Güvenlik Kültürü: Türk Havacılık Sektörü Üzerine Bir Uygulama. Eskişehir: Eskişehir Teknik Üniversitesi.
- ICAO: https://www.icao.int/sites/default/files/sp-files/safety/Documents/ICAO_SR_2025.pdf adresinden alındı
- Kasarda, J., & Green. (2005). Air cargo as an economic development engine: A note on. *Journal of Air Transport Management*, 11, 459-462. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2005.06.002>
- Küçükönel, H., & Sedefoğlu, G. (2017). The Causality Analysis of Air Transport and Socio-economics Factors: The Case of OECD Countries. *Transportation Research Procedia*, 28, 16-26. doi: 10.1016/j.trpro.2017.12.164
- Law, C., Zhang, Y., Gow, J., & Vu, X. (2022). Dynamic Relationship between Air Transport, Economic Growth and Inbound Tourism in Cambodia, Laos, Myanmar and Vietnam. *Journal of Air Transport Management*, 98, 102161. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2021.102161>
- Mehmood, B., Khan, S., & Raza, M. (2023). Econometric Evidence of Catalytic Effect of Seaport Activity in OECD Countries: Getting It Right. *Maritime Transport Research*, 4, 100090. doi:<https://doi.org/10.1016/j.martra.2023.100090>
- Mazon, J., Rojas, J., Lozano, M., Pino, D., Pratsb, X., & Migliet, M. (2018). Influence of meteorological phenomena on worldwide aircraft accidents, 1967–2010. *Meteorological Applications*, 25, 236–245.

- Oster, C., Strong, J., & Zorn, C. (2013). Analyzing aviation safety: Problems, challenges, opportunities. *Research in Transportation Economics* , 43, 148-64. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.retrec.2012.12.001>
- Rodrigues, C., & Cusick, S. (2012). *Commercial aviation safety* (5th b.). McGraw-Hill: New York.
- Sheffield, E., Lee, S., & Zhang, Y. (2025). A systematic review of general aviation accident factors, effects and prevention. *Journal of Air Transport Management*, 125, 102859. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2025.102859>
- Teffera, T. (2016). Analysis of Determinants of Profitability in the Airline Industry. Unity University.
- Tolcha, T., Brathen, S., & Holmgren, J. (2020). Air transport demand and economic development in sub-Saharan Africa: Direction of causality. *Journal of Transport Geography*, 86, 102771. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102771>
- Uslu, S., & Dönmez, K. (2016). Geçmişten Günümüze Havacılık Kazalarının Sebeplerindeki Değişimler Üzerine Bir İnceleme. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(9), 222-239.
- Rasmussen, J. (1982). Human errors: A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. *Journal of Occupational Accidents*, 4, 311-333.
- Reason, J. (1990). *Human error* . New York : Cambridge University Press.
- Shappell , S., & Wiegmann, D. (2001). *Applying Reason: The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)*. Washington: <https://commons.erau.edu/publication/737>.
<https://commons.erau.edu/publication/737> adresinden alındı
- Stolzer, A., Halford, C., & Goglia, J. (2023). *Safety management systems in aviation* (3rd Edition b.). Boca Raton.
- World Economic Forum. (2013). *The Travel & Tourism Competitiveness Report 2013*. Geneva: World Economic Forum.
- Zlatea, H., Emanuela, M., Lucian, B., & Gabriel, D. (2022). Oil price volatility and airlines' stock returns: Evidence from the global aviation industry. *Journal of Business Economics and Management*, 232, 284-304.



BÖLÜM 5

Adil Ücret-Kâr Enflasyonu İlişkisi

Başak Gül Akar¹

Giriş

Bu çalışma, küresel ekonomik tartışmaların merkezindeki enflasyon olgusunu, özellikle kâr odaklı enflasyon ve adil ücret meselesi bağlamında incelemektedir. Enflasyonun kaynağına dair süregelen talep ve kâr odaklı tartışmalar, ekonomik dinamiklerin dönemsel ve sektörel farklılıklar gösterdiğini ortaya koymakta (Ersin, 2025) ve tüm fiyat teorilerinin dağıtımsal bir çerçeve içerdiği gerçeğini, bir diğer deyişle bölüşüm kurgusunun varlığını (Yeldan ve ark., 2023) yeniden gündeme getirmektedir.

Pandemi krizi sonrası küresel enflasyondaki artışı açıklamada öne çıkan Kâr Enflasyonu olgusu, üreticilerin kârlarını koruma ve artırma stratejilerine odaklanmaktadır. Chayjan ve ark. (2025), enflasyonun iş birliği eksikliği durumunda kârları %95'e kadar düşürdüğünü; ancak perakendecilerin yüksek enflasyon dönemlerinde hedge yapmasıyla kârların zirveye ulaşabildiğini göstermiştir. Agnesi ve Russo (2025), artan firma maliyetlerinin, özellikle yoğunlaşmış pazarlarda, faaliyetleri azaltarak, işsizliği ve gelir eşitsizliğini artırarak ekonomiye zarar verdiğini belirtmiştir. Weber ve ark. (2025), son enflasyonun temel itici gücü olarak "satıcı enflasyonunu" incelemiş ve maliyet şoklarının dolaylı olarak firmaları kâr marjlarını korumaya teşvik ettiğini, dolayısıyla birim kârların arttığını savunmuştur. Ciambezi ve ark. (2025) ise, enflasyon kaynaklarının bağlama göre değiştiğini ve kusurlu piyasalarda kâr odaklı enflasyonun önemli olduğunu bularak, geleneksel faiz oranı politikaları ötesinde müdahalelere ihtiyaç duyulabileceğini belirtmiştir. Enerji şoklarının maliyet ve kâr marjı değişiklikleriyle satıcı enflasyonunu artırdığı bulgusu Euro Bölgesi verileriyle tutarlıdır. Öte yandan, Bivens (2022) dağıtımsal çatışmanın (işçi-sermaye pazarlık gücü) 2021 enflasyon şokunun ana nedeni olmadığını, ancak enflasyonun kalıcılığını ve politika ihtiyacını belirleyen temel faktör olduğunu savunmaktadır.

Bu bağlamda, mevcut çalışma adil ücret meselesini teorik olarak ele alarak, kâr enflasyonu ile ilişkilendirilen bu ücret türü için kanıtlar aramayı ve geniş bir literatür taraması ile soru işaretlerini netleştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın, edinilen tecrübelerin bir sentezi yoluyla ve adil ücret-kâr enflasyonu ilişkisinin

¹ Çukurova Üniversitesi Kozan İşletme Fakültesi, Adana,
ORCID ID: 0000-0001-7258-4402

sorgulanması ile özellikle fonksiyonel gelir dağılımındaki eşitsizlikleri azaltıcı bir yol haritası sunması beklenmektedir.

İşgücü Piyasasında Adil Ücret

Akerlof ve Yellen (1990), sosyal psikolojiden ilham alan adil ücret-çaba hipotezini ortaya koymuştur; bu hipoteze göre, işçiler fiili ücretleri adil ücretlerinin altına düşüğünde, rasyonel fayda maksimizasyonu dışında bir tepkiyle ("kızgınlık") çabalarını orantılı olarak geri çekerler. Bu davranış, modelde istemsiz işsizlik yaratır ve gözlemlenen sektörler arası ücret farklılıkları ile tutarlıdır. Model, istihdam ve gelir dağılımının, geleneksel ekonomik temellerin yanı sıra, işçilerin adalet anlayışıyla da belirlendiği bir dengeyi tanımlar. Temel modelin bir sonucu olarak, adil kabul edilen nominal ücret seviyesinin nominal talep şoklarına yavaş tepki vermesi durumunda, model toplam talep kaynaklı işsizlik döngülerini tahmin edebilmektedir. Miura (2023), işçilerin çaba düzeyinin nominal ücret değişimine bağlı olduğu bir Yeni Keynesyen modelde, nominal ücret artışının işçilerin daha fazla çaba göstermesini teşvik ederek verimliliği artırmasından kaynaklanan fayda nedeniyle optimal uzun dönem enflasyon oranının pozitif ve sıfırın oldukça üzerinde olabileceğini bulmuştur. Skott (2005) ise, ücret tekliflerinin işçinin kendi ve diğer grupların ücretleriyle ilişkilendirilmesiyle tanımlanan "reel ücret" ve "görelî ücret" adil olma normlarının ücret oluşumunu belirlediği stilize bir modeli analiz etmiştir. Bu modelin kilit çıkarımı, yapısal olarak belirlenmiş bir Doğal İşsizlik Oranı (NAIRU) kavramının olmaması ve beklenmedik talep şoklarının istihdamın denge oranında kalıcı kaymalara (histerezise) yol açmasıdır. Ayrıca, bu adil ücret çerçevesi, "teşvik edilmiş aşırı eğitim" kavramıyla beceri/iş uyumsuzluğunu rasyonelleştirmekte ve 1970'lerden itibaren artan ücret eşitsizliğini adil olma normlarındaki otonom kaymalara bağlamaktadır.

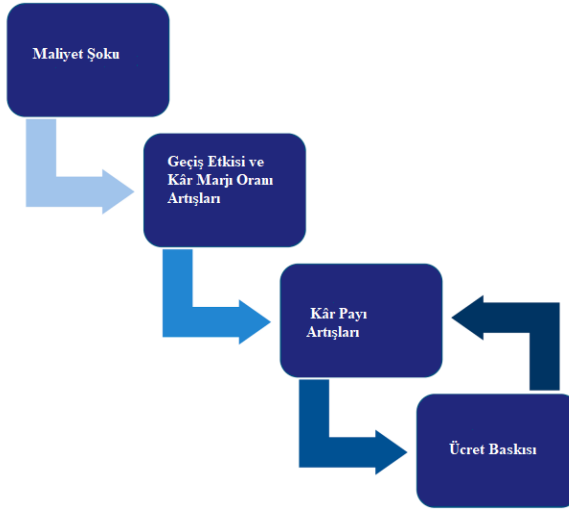
Tripier (2006), mal piyasasındaki nominal katılık (yapışkan fiyatlar) ve işgücü piyasasındaki reel katılığı (adil ücretler) birleştiren bir Yeni Keynesyen modelin, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ekonomisinde işsizlik ve işgücü verimliliği arasındaki eş zamanlı hareketleri başarılı bir şekilde açıkladığını göstermiştir. Bu modelde, reel katılık (adil ücretler) sayesinde uzun dönemde negatif, nominal katılık sayesinde ise iş döngüsü boyunca pozitif eş zamanlı hareketler üretilmektedir. Suthaharan ve Bleakley (2022), ücret artışının, firmaların maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturması nedeniyle enflasyonun önemli bir itici gücü olduğunu belirtmektedir. Ücret artışı üretkenlik artışını aşarsa ve firmalar kâr marjlarını korumak için fiyatları artırırsa, bu durum enflasyonu daha da artırabilir; bu mekanizma, enflasyonun zaten yüksek olduğu durumlarda ücretler ve fiyatlar arasındaki ilişkinin, yüksek enflasyonun devam etmesini sağlayan mekanizma olabileceğini göstermektedir.

Lucas (2021), firmaların nominal fiyatları hedefledikleri reel kâr marjına göre belirlediği ve işçilerin nominal ücretlerinin beklenen enflasyona göre belirlendiği bir model geliştirmiştir. Bu modelin temel farkı, reel kârların enflasyon sürecinde değişmediği varsayımının aksine, istikrarlı enflasyon ve döngüsel reel ücretler üretmesidir. Ayrıca, firmaların istenen kâr marjının risksiz faiz oranını dış seçenek olarak gören bir pazarlıkla belirlenmesi, fiyatlar ile faiz oranı arasındaki pozitif ilişkiyi ("Gibson Paradoksu") açıklayabilmektedir. Gu ve ark. (2025) ise, işgücü piyasası sürtünmeleri ve kusurlu kredi piyasalarının olduğu bir Yeni Paracı modelde, enflasyon ve işsizlik arasındaki uzun dönemli ilişkiyi iki zıt kanal üzerinden açıklamaktadır: Ücret Pazarlığı Kanalı, işsizlerin paraya bağımlılığı nedeniyle aşağı eğimli bir Phillips eğrisi yaratırken; Nakit Finansman Kanalı, firmaların finansman maliyetlerini artırarak yukarı eğimli bir Phillips eğrisi meydana getirmektedir.

Bu adil ücret mekanizmaları, ücret tarafındaki dağıtımsal talepleri açıklarken; enflasyon dinamiklerinin tam olarak anlaşılması, işçilerin adil ücret taleplerine karşılık firmaların kâr marjlarını koruma ve artırma stratejilerine odaklanan kâr enflasyonu perspektifini gerektirmektedir.

Kâr Enflasyonu ve Adil Ücret Meselesine Genel Bir Bakış

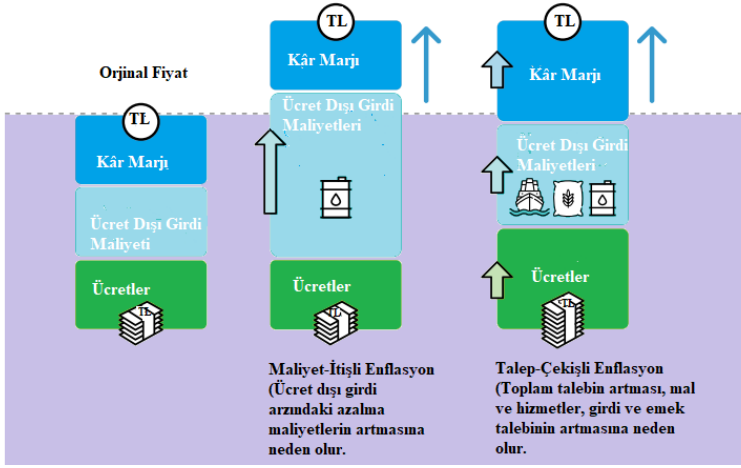
Son yıllarda, artan enflasyonun yanı sıra öne çıkan kâr enflasyonu fikri de başlangıçta eleştirilse de günümüzde ana akım haline gelmiştir. Kâr enflasyonu karmaşıktır, tarihsel ihmali nedeniyle anlaşılması güçtür ve politik açıdan hassastır; çeşitli enflasyon teorilerini (Yeni Keynesçilik, Post-Keynesçilik, Parasalcılık) temsil eder. Bu karmaşıklık, onu ilgi çekici kılar ve öğrenciler ve uzman olmayanlar için faydalı bir genel bakış sunar (Walter, 2024). Bivens (2022), enflasyon konusunda emek ve sermaye arasındaki pazarlık gücüne odaklanan iki karşıt görüşü vurgular. Merkez Bankası Görüşü (Ücret Kısıtlaması), enflasyonun kötüleşmesini önlemek için işçileri ücret taleplerini sınırlamaya teşvik eder ve bu da işçilerin enflasyonun yükünü taşıması gerektiği anlamına gelir. Buna karşılık, Kâr Karşıtı Görüş (Vurgunculuk), enflasyonu esas olarak yüksek kâr marjlarına bağlayarak, şirketlerin kârlarını azaltarak enflasyonu absorbe etmeleri gerektiğini savunur ve bu yaklaşımı daha mantıklı hale getirir, çünkü enflasyon, üretkenliği aşan reel ücret artışından kaynaklanmaz.



Şekil 1. Kâr enflasyonu bağlamında işçi sınıfından sermaye sınıfına gelir aktarımı süreci.

Kaynak: Yılmaz ve Uzar, 2025

Yılmaz ve Uzar (2025), enflasyona tepki olarak ücretleri baskılamaya yönelik geleneksel politikaların, maliyetleri sermaye sahiplerinden işçilere kaydırarak kendi kendini sürdüren bir yeniden dağıtım yarattığını savunmaktadır. Baskılanan ücretler, işçilerin reel gelirlerini koruma becerilerini kısıtlarken, sermaye sahipleri artan maliyetlere rağmen kârlarını sürdürür veya artırır. İşgücü maliyetlerindeki bir düşüş, sektöre özgü olumsuz maliyet şoklarına neden olabilir, ancak sektörler kâr marjlarını koruyarak enflasyonla mücadelenin etkinliğini azaltır. Kâr enflasyonu sermaye sahiplerine fayda sağlarken, toplumsal maliyetlere yol açarak eşitsizliği ve sosyal adaleti kötüleştirir. Bouras ve ark. (2023)'a ait, Kanada'daki firmaların kâr marjlarındaki (markup) artışın enflasyona katkısını ölçen çalışmada kâr marjlarındaki artışın enflasyona olan katkısının mütevazı olduğu ve gözlemlenen pozitif kâr marjı büyümesinin, firmaların fiyat artışlarını yumuşatma (smoothing) ve ileriye dönük (forward-looking) davranışlarıyla açıklanabileceği tartışılmaktadır. Elde edilen veriler, enflasyonun zirve noktasının öncelikle firmaların maliyetlerindeki değişimler tarafından yönlendirildiğini göstermektedir.



Şekil 2. Maliyet-İtışli ve Talep-Çekişli Enflasyon

Kaynak: Suthaharan ve Bleakley (2022)

Fiyat enflasyonu, ücretlerle genellikle pozitif olan korelasyonu bozabilecek bir dizi arz yönlü faktörden de etkilenebilir. "Maliyet odaklı" enflasyonda, firmalar kârlarını azaltan ve daha yüksek ücret ödeme kabiliyetlerini zayıflatan daha yüksek işgücü dışı girdi maliyetleriyle karşı karşıya kalırlar. Sonuç olarak, firmalar kâr marjlarını korumak için satış fiyatlarını artırırken aynı zamanda ücret artışını sınırlamayı hedefleyebilirler (Şekil 2). Bu dinamik, firmaların yeterli fiyatlandırma politikasına sahip olmasına bağlıdır.

Uxo ve ark. (2025), enflasyonun çatışma teorisi ve satıcı enflasyonu tartışmalarına dayanarak firmaların kârlarını korumak için daha yüksek girdi maliyetlerini yansıttığını ve bunun da kâr marjlarını artırdığını doğrulamaktadırlar. Enflasyonun temel nedeni, kâr marjı ve işgücü maliyetlerinden daha az etkilenen bu maliyet yansımasıdır. Enflasyonun ücret payında düşüşe ve kâr payında artışa neden olduğunu, bunun da önemli dağıtım etkilerine ve enflyonist olmayan ücret artışlarına olanak sağladığını vurgulamaktadırlar. Mali ve düzenleyici önlemler enflasyonu etkili bir şekilde kontrol altına almış olsa da kısıtlayıcı para politikası maliyetli ve uygunsuz olmuştur.

Şekil-3'den görüleceği üzere, her kâr enflasyonu örneği bir çatışma unsuru içermektedir. Ancak her çatışma enflasyonu biçimi kâr enflasyonundan kaynaklanmaz. Böylece, çatışma enflasyonu ile kâr enflasyonu arasındaki etkileşim daha net bir şekilde çerçevelenmiştir (Yılmaz ve Uzar, 2025).



Şekil 3. Kâr enflasyonu ve çatışma enflasyonu arasındaki etkileşimin görselleştirilmesi

Kaynak: Yılmaz ve Uzar, 2025

Kâr ve çatışma enflasyonun yaratacağı adalet endişeleri arasında konuyla ilgili olarak; Shirota (2025), adalet endişelerinin enflasyon istikrarını algılanan adaletsizliği en aza indirmeye doğru kaydırıldığını ve bir dezenflasyon eğilimi yarattığını, adalete duyarlı ortamlardaki merkez bankalarının algıları korumak için enflasyon kontrolüne odaklanmaları gerektiğini ortaya koymaktadır. De Schouwer ve ark. (2025), anlamlı bir iş için bile daha düşük ücretleri reddeden yüksek adalet endişeleri olanlar hariç, çoğu çalışanın işin anlamına ücretten daha fazla değer verdiğini göstermiştir. Buna göre, yaklaşık %22'si sosyal yardımlar arttığında kabul edilebilir asgari ücretlerini artırmıştır. Basu ve ark. (2019), taşeronluğun çalışanların adil ücret taleplerini azalttığını ancak gecikme sorunu yarattığını, bunun da adil olmayan ücretlere ve moral sorunlarına yol açtığı bulgusuna ulaşmışlardır. Blumkin ve ark. (2020), gönüllü hediyeler olarak görülen işverenlere dolaylı sübvansiyonların, doğrudan sübvansiyonların aksine çabayı ve refahı iyileştirdiğini savunmaktadır. Alexopoulos ve Cohen (2004), adil ücretlerin artırılmasının, özellikle yüksek tutma oranına sahip firmalarda, yüksek ücretli çalışanlar arasında morali bozabileceği ve aşırı ücret farkı azaltmanın moral bozukluğu nedeniyle genel ücretleri düşürebileceği konusunda uyarılmaktadır.

Bir çözüm noktası olarak; Kokonas ve ark. (2025), eksik bilgi ve rasyonel beklentilere sahip bir parasal ekonomide enflasyonu analiz ederek, merkez bankası iletişiminin beklentileri nasıl etkilediğine odaklanmaktadır. Merkez bankası gelecekteki temeller hakkında karmaşık bilgiler yayınlamakta ve politika sıkılaştırması gelecekteki çıktı beklentilerini artırmaktadır. Bu durum, iletişimin piyasa beklentilerini etkileyerek dengeyi kısıtladığı ve enflasyon dinamiklerini şekillendirdiği "Merkez Bankası Bilgi Etkileri" literatürüyle örtüşmektedir. Çalışma, merkez bankasının fiyat belirleyiciler karşısında mevcut bilgi

avantajından yoksun olması koşuluyla, bu etkilerin belirsiz dengeleri ele alan ve benzersizliği sağlayan denge seçicileri olarak hizmet ettiğini göstermektedir. Bu noktada, Suthaharan ve Bleakley (2022), Merkez Bankalarının sürece olan olumlu katkısını ancak neden dikkatli olunması gerektiğini şu şekilde açıklamaktadır: Artan temel gıda fiyatlarının tetiklediği mevcut enflasyon, haneleri enflasyon konusunda daha bilinçli hale getirirken, çalışanların geçmiş kayıplarını telafi etmeye çalıştığı dar işgücü piyasaları bu riski artırmaktadır. Ancak, azalan fiyatlandırma gücü, daha az ücret endekslemesi ve merkez bankalarının enflasyonu düşürme taahhüdü nedeniyle durum 1970'lerdeki sarmaldan farklıdır ve orta vadeli beklentiler hâlâ kontrol altındadır. Yine de sürekli yüksek enflasyon ve yetersiz politika, beklentilerin kontrolden çıkmasına ve yeni bir sarmalın tetiklenmesine yol açabilir.

İlgili Literatür

Ersin (2025), Türkiye'de 2012-2024 dönemi verileriyle yapılan analizde, geleneksel talep odaklı görüşün aksine kârların enflasyonu etkilediği görüşünü tartışmaya açmıştır. Analiz sonucunda, tüketim harcamalarının enflasyon üzerinde pozitif bir etkisi olduğu, ancak kârların uzun dönemde negatif bir etkiye sahip olduğu (artışların verimlilik artışı veya talep daralması yoluyla fiyat baskısını azaltması nedeniyle) tespit edilmiştir. Duvar (2025), iki farklı periyot için ele aldığı çalışmada, Türkiye'de gelir dağılımının 2000'lerin başından 2024'e kadar işgücü aleyhine değiştiğini göstermektedir. 1997-2023 dönemini (1.000 büyük firmaya dayalı) inceleyen ilk çalışma, firmalar 2020-2022 krizi sırasında kâr marjlarını ve katma değerden aldıkları payı artırırken, reel ücretler verimlilik artışlarının gerisinde kaldığı için krizin yükünü çalışanların taşıdığını ortaya koymaktadır. İşgücünün pazarlık gücünü artırmak için uzun vadeli bir strateji önermektedir. Satış enflasyonu üzerine yapılan ikinci çalışma (2012-2024), kârların enflasyonu uzun vadede olumsuz etkilediğini, ancak kârlılığını sınırlamak ve rekabeti artırmak için kısa vadeli düzenlemelere ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Her ikisi de firmaların fiyatlandırma stratejilerinin ve kâr marjlarının Türkiye'nin ekonomik değişimlerini anlamak için anahtar olduğunu vurgulamaktadır. Yine Duvar (2024) tarafından yapılan benzer bir çalışma, dünya kâr ve enflasyonu tartışırken Türkiye'nin son zamanlarda aşırı enflasyon yaşadığını göstermektedir. Ekonomik belirsizlik artmış ve fiyatları altüst etmiştir. 25 yıl boyunca, özellikle yüksek enflasyon dönemlerinde, birim kâr artışı enflasyona işgücü maliyetlerinden daha fazla katkıda bulunmuştur. 2020 sonrasında kâr artışı ve enflasyon birbiriyle bağlantılıdır ve bu da bir kâr-fiyat sarmalına işaret etmektedir. Yeldan ve ark. (2023), ana-akım iktisadın enflasyon tanımına (enflasyonun "her zaman her yerde sadece parasal bir mesele olduğu" iddiasına) karşı çıkarak, bunun bir dogma olduğunu savunmaktadır. Enflasyon, parasal genişleme veya ücret artışlarından değil, bir ekonomideki yapısal

dengesizliklerin, tıkanıklıkların, işgücü piyasasındaki parçalanmışlığın ve en önemlisi sınıfsal çatışmaların bir tezahürüdür. Bu Ortodoks inancın, enflasyonu yalnızca talep kısma reçetesine (parasal daralma, kemer sıkma ve ücretlerin baskılanması) indirgeyerek asıl dinamikleri görmezden geldiği ileri sürülmektedir. Türkiye'nin içinde bulunduğu durumu 'durgunlaşarak çürüme' olarak ifade eden yazarlar, neoliberal cendereye mahkûmiyet olarak değerlendirdikleri bu çıkmazın artık kabul edilemeyeceğini ifade etmektedirler.

Yılmaz ve Uzar (2025), 73 Türk alt sektörünün (2009-2023) bilanço verilerini analiz ederek, Türk firmalarının artan maliyetlere rağmen kâr marjlarını koruyup büyütmesiyle talep odaklı enflasyonla tezat oluşturan bir "kâr enflasyonu" tespit etmiştir. Semieniuk ve ark. (2025), 2022 petrol ve gaz krizini artan eşitsizliğe bağlamış, rekor kârların zenginlere fayda sağladığını göstererek eşitsizliği azaltmak ve enerji geçişini teşvik etmek için aşırı kâr vergisi önermiştir. Yılmaz ve Bulut (2025), Türkiye'nin 2013 enflasyonunu inceleyerek, bunun ithalat şokları ve firma stratejileri tarafından yönlendirilen ve asgari ücret tepkisiyle daha da kötüleşen ücret-fiyat sarmalından değil, maliyet-kâr faktörlerinden kaynaklandığını bulmuştur. Etkili politikalar, özellikle arz yönlü sorunlar veya oligopol fiyatlandırma tarafından yönlendirildiğinde, enflasyonun yapısal ve döngüsel nedenlerini hedeflemelidir. Işık ve ark. (2025), 2010-2022 yılları arasındaki Q-ARDL verilerini kullanarak, enflasyonun esas olarak Maliyet itici faktörler ve artan şirket kârları, temettülerin enflasyonu faiz oranlarından daha fazla etkilemesiyle birlikte. Çatışma enflasyonu teorisiyle uyumlu olarak, artan birim işgücü maliyetleri de katkıda bulunmaktadır. Wildauer ve ark. (2023), yüksek enflasyon dönemlerinde enerji şokları nedeniyle gelir yeniden dağıtımının gerçekleştiğini ve bunun da firmaların fiyatları ve kârları artırarak reel ücretleri düşürdüğünü göstermektedir. Abrahams (2024), St. Louis'deki asgari ücret kesintilerine rağmen firmaların ücret indirimlerinin maliyetlerinden kaçınmak için ücretleri koruduğunu ve bunun düşük ücretli piyasa katılıpına işaret ettiğini tespit etmiştir. Benjamin (2015), çalışanların çabalarının adalet algılarına bağlı olduğu bir hediye değişim modeli önermektedir. Bu model, ücret katılıpını, kira paylaşımını ve firmaların fiyatlandırma davranışlarını açıklayarak verimlilik konusunda sorular ortaya koymaktadır. Jonsson ve Palmqvist (2004), ABD ekonomisi için iki sektörlü bir Dinamik Genel Denge modeli kullanarak ücret artışlarının enflasyona önemli ölçüde neden olmadığını göstermektedir. Model, ücret marjındaki artışların, esas olarak göreceli fiyat değişiklikleri ve para politikası (Taylor kuralı) tepkilerinden kaynaklanan enflasyonu yalnızca hafif düzeyde artırdığını ortaya koymaktadır. %1'lik bir ücret Marj artışı %0,10'dan daha az bir TÜFE artışıyla sonuçlanır. Buna karşılık, Bobeica ve ark. (2019), ABD'nin aksine, 1985-2018 döneminde euro bölgesinin dört büyük ekonomisinde işgücü maliyetleri ile fiyat enflasyonu arasında sektörler genelinde açık ve güçlü bir bağlantı olduğunu sistematik olarak belgelemektedir. Elde

edilen bulgulara göre, işgücü maliyetlerinin fiyatlara yansıma gücü zaman içinde değişmekte olup, arz şoklarından ziyade talep şokları olduğunda ve yüksek enflasyon rejimlerinde daha güçlü gerçekleşmektedir; bu da para politikası için işgücü maliyeti gelişmelerinin izlenmesinin kritik olduğunu, ancak bu bilginin fiyat enflasyonunu tahmin etmedeki öneminin ekonomideki hâkim şok türüne ve enflasyon düzeyine bağlı olduğunu göstermektedir.

Politika Önerileri ve Sonuç

Türkiye'de ekonomik büyüme ve enflasyonun gelir eşitsizliği üzerindeki etkilerinin asimetrik bir yapı sergilediğini ifade eden Alpağut (2024) çalışmasında, büyümenin eşitsizliği önce artırıp sonra azaltarak ters U şeklinde (Kuznets Hipotezi) bir ilişki gösterdiğini; enflasyonun ise borçlular lehine bir mekanizmayla (düşük faiz dönemi) eşitsizliği önce azaltıp, sonrasında yeniden artırarak U şeklinde bir ilişki sergilediğini tespit etmiştir. Bu asimetrik yapıların varlığı, gelir dağılımını ve refahı düzenleyici ekonomi politikalarının zaman içinde tek tip ve sabit kalamayacağını, değişken ekonomik koşullara uyum sağlayan çoklu ve değişken stratejilere ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, enflasyonla mücadele için kâr marjlarını hedefleyen ve yapısal dağıtımsal temellere odaklanan politika müdahaleleri gerekliliği vurgulanmıştır (Agnesi ve Russo, 2025). Bu bağlamda Wildauer ve ark., (2023), beklenmedik kârların (windfall profits) işçilere aktarılmasını öngören bir vergi politikasının, enflasyonu azaltmada, istihdamı ve işgücü payını düşürmeyen en etkili çözüm olduğunu ifade etmektedir. Ersin (2025)'de benzer şekilde kısa vadede rekabeti artırıcı düzenlemeler, vergi teşvikleri ve geçici ek vergiler gibi politikalar önerisinde bulunmuştur.

Destekler şekilde, Bivens (2022), tek seferlik bir aşırı kâr vergisinin enflasyonu engellemeden veya kaynak dağılımını bozmadan uygulanabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, işçilerden bireysel olarak ücret taleplerini kısımları istenmesi beyhude bir çabadır. Asıl çözüm, işçilerin ücret koordinasyonunu sağlayacak kurumsal bir yapı olan sendikalaşma yoğunluğunu artırarak işgücü hareketini güçlendirmek ve böylece makroekonomik politika yapımcılarla diyalog kurabilecek sosyal bir ortak yaratmaktır. Öte yandan, yüksek kârların kaynakları doğru sektörlerle yönlendirdiği eleştirisi, COVID-19 kaynaklı tüketim bozukluklarının kalıcı olacağı varsayımına dayanıyorsa geçersizdir (Bivens, 2022). Politika yapımcılar için beklentileri stabilize etmek amacıyla belirsizliğin azaltılması kritik önem taşımaktadır. Ayrıca firmaların likidite baskılarının hafifletilmesine dikkat edilmelidir. Yöneticiler içinse nakit yönetimini güçlendirmek, portföyleri Enflasyon Azaltma Yasası (Inflation Reduction Act-IRA) sonrası ekonomisi daha net olan tedavilere kaydırmak ve finansman kanallarını çeşitlendirmek suretiyle inovasyonu sürdürme yolları aranmalıdır (Fu ve Ran, 2025).

Hem çalışanlar hem de işverenler için yapıcı politikalar önermek için çaba sarf edilmiş olsa da ücretlerin baskılanmasının ve kârların şişirilmesinin (kâr enflasyonu) nihayetinde tüm ekonomiye ve topluma zarar vereceği açıktır. Asıl mesele, rasyonel sermaye sahipleri ile (rasyonel olmadığı iddia edilen) çalışanlar arasındaki çatışmanın beklenen ve beklenmeyen sonuçlarının herkes üzerinde olumsuz etkileri olacağını anlamaktır. Bu durum, rasyonelliği kâr maksimizasyonu motivasyonu ile meşrulaştırılan arz tarafının, talep tarafı da kendi faydasını maksimize etme amacıyla rasyonel iken, bunun ana akım ekonomistler tarafından göz ardı edilmesi gerçeğini gözler önüne sermektedir. Adil ücretler ile adil kârlar arasındaki ayrımı anlayarak ekonominin temelini oluşturacak adalet ve eşitlik, tüm taraflar için refah ve büyümenin sağlandığı gelir dağılımı düzeylerine yol açacak ve daha da önemlisi sürdürülebilirliğini garantileyecektir. Mesele işgücünün üzerine karlar yağdıran bir kâr enflasyonundan yüreği ısıtan, yüzleri gülümseten bir enflasyonla yola devam edebilmektir.

Kaynakça

- Abrahams, S. (2024). Downward minimum wage rigidity: Evidence from a temporary four-month increase in St. Louis. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 218, 30-47. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2023.12.012>.
- Agnesi, A., & Russo, A. (2025). Redistribution through inflation: A multi-sector approach to income Dynamics. *Structural Change and Economic Dynamics*, 75, 69-81. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2025.04.007>.
- Akerlof, G. A., & Yellen, J. L. (1990). The Fair Wage-Effort Hypothesis and Unemployment. *The Quarterly Journal of Economics*, 105(2), 255–283. <https://doi.org/10.2307/2937787>
- Alexopoulos, M., & Cohen, J. (2004). What's wrong with forced wage compression? The fair wage hypothesis redux. *Economics Letters*, 83(3), 391-398. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2003.12.017>.
- Alpağut, S. (2024). The Relationship between Income Distribution, Inflation and Economic Growth: Examining the Asymmetric Relationship Based on the Kuznets Hypothesis with Fourier Functions. *Journal of Research in Economics, Politics & Finance*, 9(4), 656-677. <https://doi.org/10.30784/epfad.1498262>
- Basu, A.K., Chau, N.H., & Soundararajan, V. (2019). Wage fairness in a subcontracted labor market. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 168, 24-42. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2019.09.022>.
- Benjamin, D.J. (2015). A Theory of Fairness in Labour Markets. *Jpn Econ Rev (Oxf)*, 66(2): 182–225. doi:10.1111/jere.12069.
- Bivens, J. (2022). Profits, wages, and inflation-What’s really going on. Economic Policy Institute, Working Economics Blog. <https://www.epi.org/blog/profits-wages-and-inflation-whats-really-going-on/> (12.07.2025).
- Blumkin, T., Pinhas, H., & Zultan, R. (2020). Wage Subsidies and Fair Wages. *European Economic Review*, 127, 103497. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2020.103497>.
- Bobeica, E., Ciccarelli, M., & Vansteenkiste, I. (2019). The link between labor cost and price inflation in the euro area. ECB Working Paper Series No 2235
- Bouras, P., Bustamante, C., Guo, X., & Short, J. (2023). The contribution of firm profits to the recent rise in inflation. *Economics Letters*, 233, 111449. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2023.111449>.
- Chayjan, K.A., Razmi, J., & Amin, S.H. (2025). An analytical investigation of inflation’s effects on supply chain strategies. *Supply Chain Analytics*, 12, 100168. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2025.100168>.

- Ciambezi, L., Guerini, M., Napoletano, M., & Roventini, A. (2025). Accounting for the multiple sources of inflation: An agent-based model investigation. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 178, 105139. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2025.105139>.
- De Schouwer, T., Gsottbauer, E., Kesternich, I., & Schumacher, H. (2025). Work meaning and fair wages. *Labour Economics*, 97, 102808. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2025.102808>.
- Duvan, O.B. (2024). Türkiye’de Şirket Kârları ve Enflasyon: Adam Smith Haklı mı? *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 45, 167-182. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.1512414>
- Duvan, O.B., (2025) “Türkiye’de Bölüşüm: En Büyük 1000 Sanayi Kuruluşu Üzerinden Bir Değerlendirme”. *Çalışma ve Toplum*, 1(85), 311-348. DOI: 10.54752/ct.1624024
- Ersin, İ. (2025). Türkiye’de Kârların Enflasyon Üzerindeki Etkisi: Genişletilmiş ARDL Model Uygulaması. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 27(1), 1-26. <https://doi.org/10.31460/mbdd.1609648>
- Fu, Y, & Ran, Y. (2025). Impact of the price negotiation on U.S pharmaceutical and biotechnology firms: Evidence from the 2022 Inflation Reduction Act. *Finance Research Letters*, 86(Part D), 108600. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.108600>.
- Gu, C., Jiang, J.H., & Wang, L. (2025). Credit conditions, inflation, and unemployment. *Journal of Economic Theory*, 230, 106081. <https://doi.org/10.1016/j.jet.2025.106081>.
- Isik, S., Mert, M., & Ulug, M. (2025). Profit produced by post-pandemic inflation: Evidence from an emerging economy. *Structural Change and Economic Dynamics*, 72, 233-244. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2024.10.002>.
- Jonsson, M. & Palmqvist, S. (2004). Do higher wages cause inflation? Sveriges Riksbank Working Paper Series No. 159.
- Kokonas, N., Rousakis, M., & Smyrniotis, E. Controlling inflation with central bank news. *European Economic Review*, 180, 105176. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2025.105176>.
- Lucas, G.D. (2021). The (dampened) wage-price spiral: Conflict, endogenous markup and inflation. *Structural Change and Economic Dynamics*, 59, 558-566. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.09.006>.
- Miura, S. (2023). Optimal inflation rate and fair wage. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 88, 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2022.12.013>.

- Semieniuk, G., Weber, I.M., Weaver, I.S., Wasner, E., Braun, B., Holden, P.B., Salas, P., Mercure, J-F., & Edwards, N.R. (2025). Best of times, worst of times: record fossil-fuel profits, inflation and inequality. *Energy Research & Social Science*, 127, 104221. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2025.104221>.
- Shirota, T. (2025). Optimal monetary policy under fairness concerns in pricing. *Economics Letters*, 247, 112140. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2024.112140>.
- Skott, P. (2005). Fairness as a source of hysteresis in employment and relative wages. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 57(3), 305-331. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2003.11.011>.
- Suthaharan, N. & Bleakley, J. (2022). Wage-price dynamics in a high-inflation environment: The international evidence. Reserve Bank of Australia-Bulletin – September 2022, pp.51-60.
- Tripier, F. (2006). Sticky prices, fair wages, and the co-movements of unemployment and labor productivity growth. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 30(12), 2749-2774. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2005.09.002>.
- Uxo, J., Febrero, E., & Alvarez, I. (2025). Prices, markups and wages: inflation and its distributive consequences in Spain, 2021-2023. *Structural Change and Economic Dynamics*, 72, 179–192. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2024.09.021>
- Walter, T. (2024). Profit inflation is gaining in prominence - but what is it exactly? Exploring Economics,
- Weber, I.M, Wasner, E., Lang, M., Braun, B., & van 't Klooster, J. (2025). Implicit coordination in sellers' inflation: How cost shocks facilitate price hikes. *Structural Change and Economic Dynamics*, 74, 690-712. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2025.04.005>.
- Wildauer, R., Kohler, K., Aboobaker, A., & Guschanski, A. (2023). Energy price shocks, conflict inflation, and income distribution in a three-sector model. *Energy Economics*, 127(Part B), 106982. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106982>.
- Yeldan, A.E., Köse, A.H., & Boratav, K. (2023). Türkiye’de derinleşen yapısal kriz eğilimi ve kâr itilimli enflasyonun dinamikleri. *İktisat ve Toplum*, 158, 8-30.
- Yılmaz, E., & Bulut, N. (2025). Inflation dynamics: Profits, wages and import prices, *Economic Systems*, 49(3), 101310. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2025.101310>.
- Yılmaz, M.S., & Uzar, U. (2025). Do cost increases push up profit mark-ups? Evidence from Türkiye on profit inflation. *Structural Change and Economic Dynamics*, 74, 841-854. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2025.06.013>.



BÖLÜM 6

Yapay Zekâ Modelleri ile Döngüsel Ekonomi Göstergelerinin İncelenmesi

Nuh Okumuş¹

Giriş

Döngüsel Ekonomi (DE), geleneksel doğrusal ekonomi modeline alternatif olarak geliştirilen, kaynakları daha verimli kullanmayı, atıkları en aza indirmeyi ve ürünlerin değerini mümkün olduğunca uzun süre korumayı amaçlayan sürdürülebilir bir ekonomi sistemidir (Geissdoerfer, Savaget, Bocken ve Hultink, 2017). Bu yaklaşım, üretim ve tüketim süreçlerinde “kullan ve at” paradigmasından uzaklaşarak, malzemelerin ve enerji döngülerinin yeniden kullanımı, yenilenmesi ve geri dönüşümü yoluyla çevresel etkileri azaltmaya odaklanır (Kirchherr, Reike ve Hekkert, 2017). Son yıllarda, artan çevresel endişeler ve kaynak kısıtlamaları, politika yapıcılar, endüstri liderleri ve akademisyenler tarafından sürdürülebilir kalkınma için önemli bir araç olarak DE'nin benimsenmesine yol açmıştır (Lewandowski, 2016). Ayrıca, dijitalleşme ve teknolojik gelişmeler, DE uygulamalarının etkinliğini artırarak malzeme döngülerinin daha verimli yönetilmesini sağlamıştır (Charef, 2024). DE uygulamalarını sürdürülebilirlik ilkeleriyle entegre etmek karmaşık bir süreçtir ve her iki yaklaşımın da kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını gerektirir (İbrahim, 2024). Yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşüm gibi DE stratejileri, özellikle inşaat ve imalat sektörlerinde sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için etkili araçlar olarak kabul edilmektedir (Charef, 2024; Sasso, Filho ve Ganga, 2025). İnşaat sektöründe DE ilkeleri, tasarımdan yıkıma kadar tüm yaşam döngüsü boyunca atıkların azaltılmasına ve kaynak verimliliğinin artırılmasına önemli katkılar sağlar (Charef, 2024). Benzer şekilde, imalat sektöründe DE ve Yalın Yönetim yaklaşımlarının entegrasyonu, atıkların en aza indirilmesi ve kaynakların verimli kullanımı yoluyla sürdürülebilirlik hedeflerine önemli ölçüde katkıda bulunur (Sasso, Filho ve Ganga, 2025). Bununla birlikte DE ile sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin karmaşık ve bağlama özgü olması, uygulamaların hangi koşullar altında sürdürülebilir sonuçlar doğurduğunun ampirik olarak doğrulanmasını gerektirmektedir (İbrahim, 2024). Gelişmekte olan ekonomilerde, inşaat ve yıkım süreçlerinde 6R ilkeleri doğrultusunda DE uygulamalarının tasarım aşamasında benimsenmesi çevresel sürdürülebilirliği desteklemede önemli bir rol oynamaktadır (Asante, Faibil, Agyemang & Khan, 2022). Ancak, mevcut DE uygulamalarının yalnızca ekonomik faydalarla sınırlı

¹ Dr., Gaziantep Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Türkiye,
ORCID: 0000-0002-6111-8083

kalmayıp, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik boyutlarını da içerecek şekilde sistematik olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Hassan & Faggian, 2023). Ayrıca, DE modellerinin güçlü sürdürülebilirlik paradigması ile uyumlu olacak şekilde revize edilmesi uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesi açısından önem arz etmektedir (Rocha, Antunes & Partidário, 2023). Sonuç olarak, DE uygulamalarının sürdürülebilirliğe olan katkısı büyük bir potansiyele sahip olmakla birlikte, başarısı yaşam döngüsünü bütüncül şekilde ele alan ve sosyo-materyal etkileşimleri göz önünde bulunduran kapsamlı bir yaklaşımın benimsenmesine bağlıdır (Shittu & Nygaard, 2024). Bu araştırma, döngüsel ekonomi unsurlarını detaylı ve kapsamlı bir perspektiften incelemeyi amaçlamaktadır. Elde edilen sonuçların hem akademik çalışmalara katkı sağlaması hem de politika yapıcılar için pratik uygulamalara ışık tutması beklenmektedir. Günümüzde pek çok gerçek yaşam problemi yüksek derecede belirsizlik barındırmakta ve bu durum ekonomi, çevre ve mühendislik gibi disiplinlerde geleneksel karar alma yöntemlerinin yetersiz kalmasına yol açmaktadır.

Bu zorlukların üstesinden gelmek için Zadeh (1965) bulanık küme teorisini geliştirmiştir. Bu teori, daha sonra üyelik değerlerinin 0 ile 1 arasında değiştiği aralık değerli bulanık kümeler biçiminde genişletilmiştir (Zadeh, 1975). Sonrasında Molodtsov (1999), belirsizlik içeren problemlere çözüm sunmak üzere yeni bir matematiksel model olan yumuşak küme teorisini ortaya koymuştur. Maji ve arkadaşları (2001) bu konsepti geliştirerek bulanık yumuşak küme modelini tanımlamış ve karar verme süreçlerinde daha geniş bir uygulama alanı sağlamışlardır. Maji, Roy ve Biswas (2003) temel işlemler olan birleşim, kesişim, VE ve VEYA işlemlerini detaylı şekilde açıklamış; Roy ve Maji (2007) ise bu teorisinin karar verme uygulamalarındaki kullanımlarını incelemiştir. Yang ve diğerleri (2009), aralık değerli bulanık kümeleri yumuşak kümelerle entegre ederek özgün bir yaklaşım geliştirmiştir.

Alkhazaleh ve Salleh (2011), uzman görüşlerini tek bir model çatısı altında birleştiren yumuşak uzman küme teorisini ortaya koymuş; bu yapıyı daha sonra bulanık esnek uzman kümeye (2014) dönüştürmüşlerdir. Bu model, zaman içinde genelleştirilmiş bulanık esnek uzman kümeye (Hazaymeh ve ark., 2012), belirsiz esnek uzman kümeye (Hassan & Alhazaymeh, 2013) ve çoklu Q-bulanık esnek uzman kümeye (Adam & Hassan, 2016) doğru evrilmiştir. Adam ve Hassan (2014a, 2014b, 2015) tarafından sistematik biçimde geliştirilen Q-bulanık esnek küme ve çoklu Q-bulanık esnek küme teorileri, bu alandaki ilerlemeleri temsil etmektedir. Yakın zamanda Etkin Bulanık Esnek Kümeler (Alkhazaleh, 2022), Zaman Etkin Bulanık Esnek Kümeler (Hazaymeh, 2024), Etkin Q-Bulanık Esnek Uzman Kümeleri (Başer & Uluçay, 2024) ve Sezgisel Bulanık Esnek Uzman Grafik Yapıları (Uluçay & Şahin, 2024) gibi yeni modeller literatürde yerini

almıştır. Bu kapsamda, Etkin Q-Bulanık Esnek Uzman Kümeleri'ne yönelik enerji temelli değerlendirme yaklaşımları da geliştirilmiş ve çok kriterli karar verme problemlerinde kullanımı önerilmiştir (Başer & Uluçay, 2025). Ayrıca, sezgisel yamuk bulanık çoklu sayılarla oluşturulan benzerlik ölçümleri (Uluçay & Okumuş, 2024) ve trapezoidal bulanık çoklu sayılara dayalı yeni toplama operatörleri (Uluçay & Şahin, 2023) karar verme süreçlerinin etkinliğini artırmakta önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte, bulanık sistemlerde çıkarım mekanizmalarının güçlendirilmesine yönelik olarak Takagi–Sugeno–Kang tabanlı belirsiz çıkarım sistemleri geliştirilmiş ve çeşitli uygulama alanlarında test edilmiştir (Deli, Uluçay & Başer, 2025; Uluçay, Deli & Başer, 2025). Yine aynı şekilde, sezgisel bulanık çoklu sistemler, çevresel kontrol gibi alanlarda karar verme kabiliyetini artırmak üzere kullanılmaktadır (Şahin, Uluçay, Edalatpanah, Elsebae & Khalifa, 2022). Buna ek olarak, CoCoSo ve entropi yöntemlerinin trapezoidal bulanık çoklu sayılarla entegre edilmesiyle geliştirilen melez karar verme yaklaşımları (Uluçay, Kocasakal & Başer, 2025) ve çok kriterli karar problemlerine özel benzerlik fonksiyonları (Uluçay, 2020) da karar alma süreçlerine önemli katkılar sağlamaktadır.

Araştırmanın temel hedefi, Türkiye'deki çevresel sürdürülebilirlik amaçlarına ulaşmada yapay zeka destekli karar verme mekanizmalarının yapısını incelemek ve çevre politikalarının etkinliğini artırmaya yönelik alternatif karar alma yöntemlerini değerlendirmektir. Çalışmanın sonraki bölümlerinde; Bölüm 2'de temel kavramlar ve literatür bilgisi, Bölüm 3'te EQBEK yöntemi ve algoritması tanıtılacak, Bölüm 4'te sayısal bir örnekle yöntemin uygulanabilirliği gösterilecek ve Bölüm 5'te sonuçlar ve değerlendirmeler sunulacaktır.

2. Temel Bilgiler

Tanım 1 [1] Boş olmayan bir V kümesi üzerinde bulanık kümeler, $v \in V$ için $\mu: V \rightarrow [0, 1]$ fonksiyonlarının olduğu $A = \{ \langle v: \mu_A(v) \rangle, v \in V \}$ kümesine denir.

Tanım 2 [21] V bir evrensel küme ve E bir parametre kümesi olsun. $A \subseteq E$ 'yi ele alalım. $P(V)$ nin V nin tüm bulanık kümelerinin kümesini ve F nin $F: A \rightarrow P(V)$ ile verilen bir fonksiyon olduğu varsayalım. (F, A) koleksiyonu V üzerindeki bulanık esnek küme olarak adlandırılır.

Tanım 3 [22] I birim aralık ve k pozitif bir tam sayı olsun. V 'deki çoklu Q - bulanık küme $\tilde{A}_Q$ ve boş olmayan bir küme Q , $\tilde{A}_Q = \{ (v, q), \mu_i(v, q): v \in V, q \in Q \}$ olan $\mu_i: V \times Q \rightarrow I^k$, $i = 1, 2, \dots, k$ sıralı dizilerin bir kümesidir.

Tanım 4 [23] Etkin parametrelerin kümesi C ve A evrensel küme üzerindeki fonksiyonel etkin küme $\Lambda = \{ (u, x), \delta_\Lambda(a) : a \in C \}$, $\Lambda: U \times X \rightarrow I^A$ şeklinde tanımlanan bulanık bir kümedir.

Tanım 5 [25] $(F, S)_\Lambda$ çifti, U üzerinde etkin bulanık esnek uzman kümesi olarak adlandırılır, ancak $F(U)$, U nun tüm bulanık alt kümelerinin kümesini belirtir ve etkin parametreler kümesi, Λ nin C üzerinde etkin küme olacağı şekilde C ile gösterilir. O zaman $F: Z \rightarrow F(U)$ ile verilen ve aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$F(s)_\Lambda = \left\{ \frac{u_j}{T_{U(u_j)_\Lambda}} : u_j \in U, s \in S \right\} \quad (1)$$

Her $s \in S$ ve her $a_k \in C$ için şunu elde ederiz:

$$T_{U(u_j)_\Lambda} = \begin{cases} T_U(u_j) + \frac{(1 - T_U(u_j)) \sum_k \delta_{\Lambda_{x_j}}(a_k)}{|A|}, & T_U(u_j) \in (0,1) \text{ ise} \\ T_U(u_j), & \text{aksi takdirde.} \end{cases}$$

3. Önerilen Yöntem

Burada etkili Q-bulanık esnek kümeler *EQBEK* (Okumuş, 2025) için makale boyunca, V evrensel küme, $A \subseteq E$ parametreler kümesi, Q da bir arz kümesi, Λ etkili parametreler kümesidir.

Tanım 6 *EQBEK* (V), V üzerinde *EQBEK* kümelerin kümesi olacak şekilde $F_Q: A \rightarrow EQBEK(V)$ dönüşümü V üzerinde *EQBEK* dir ve (F_Q, A) ile gösterilir.

$$F_{Q_\Lambda}(v_j, k_r) = \left\{ \frac{(v_j, k_r)}{< T_{V(v_j, k_r)_\Lambda} >} \right\} : v_j \in V, k_r \in Q \quad (2)$$

Her $a_k \in C$,

$$T_{V(v_j, k_r)_\Lambda} = \begin{cases} T_V(v_j, k_r) + \frac{(1 - T_V((v_j, k_r))) \sum_k \delta_{\Lambda_{x_j}}(a_k)}{|A|}, & T_V(v_j, k_r) \in (0,1) \text{ ise} \\ T_V(v_j, k_r), & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

elde edilir. $\forall (a_k) \in \Lambda$, ve Λ nin elemanlarının sayısı $|\Lambda|$ ile gösterilir.

4. Önerilen yöntem için bir uygulama

Sürdürülebilir kalkınma, ekonomik, çevresel ve sosyal boyutları kapsayan çok boyutlu bir yapı olup, özellikle çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik büyüme arasındaki karmaşık etkileşim, bu yapının gelişiminde belirleyici bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, kaynakların daha verimli kullanımı, atıkların azaltılması ve ürün yaşam döngüsünün uzatılması gibi Döngüsel Ekonomi (DE)

ilkeleri, sürdürülebilir kalkınmanın temel bileşenleriyle güçlü bir uyum içindedir. Türkiye'nin çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşabilmesi için, çevre sorunlarının doğru şekilde tanımlanması ve bu sorunlara yanıt verebilecek etkili, yenilikçi ve esnek politika araçlarının geliştirilmesi gereklidir. Mevcut DE stratejilerinin bu bağlamda yeniden değerlendirilmesi hem ekonomik kalkınmayı destekleyici hem de çevresel etkileri azaltıcı bir perspektif sunmaktadır. Sorunların doğru biçimde teşhis edilmesi, geliştirilecek çözüm önerilerinin başarısını ve uygulanabilirliğini doğrudan etkileyen kritik bir faktördür. Bu nedenle, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma politikalarının değerlendirilmesinde DE yaklaşımını merkeze alan, aynı zamanda çevresel, ekonomik ve sosyal faydaları dengeleyen alternatiflere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma, çevre politikalarının yalnızca mevcut sorunlara kısa vadeli çözümler üretmesini değil, aynı zamanda uzun vadeli, stratejik ve esnek politikaların tasarlanmasını hedeflemektedir. Bu çerçevede, döngüsel ekonomi uygulamalarının karar destek mekanizmalarına entegrasyonu, politika yapıcılarının daha kapsayıcı ve etkili kararlar almasını mümkün kılmaktadır. Karar verme süreçlerinde belirsizlik içeren, eksik veya bulanık verilerle karşılaşmak oldukça yaygın bir durumdur. DE uygulamalarının etkinliğini analiz etmek için önerilen yaklaşımda, Etkin Q-Bulanık Esnek Küme (EQBEK) teorisinin uygulanabilirliği değerlendirilmektedir. EQBEK yöntemi, çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinde belirsizlikleri yönetme yeteneği sayesinde DE politikalarının önceliklendirilmesinde ve alternatiflerin değerlendirilmesinde etkili bir araç olarak kullanılabilir. Bu çalışmada önerilen algoritma, EQBEK yaklaşımı temelinde Türkiye özelinde döngüsel ekonomi politikalarına yönelik alternatif çözümler arasında en uygun olanın belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu yöntem, DE'ye dayalı sürdürülebilir kalkınma politikalarının uygulanabilirliğini değerlendirmek üzere sistematik ve esnek bir karar destek çerçevesi sunmaktadır. Böylece, karar vericilerin çevresel, ekonomik ve sosyal hedefler arasında daha dengeli tercihler yapabilmeleri mümkün hale gelmektedir. Nihai olarak, Türkiye bağlamında çevresel sürdürülebilirliği destekleyecek en uygun politika alternatiflerinin bilimsel temellere dayalı biçimde seçilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda önerilen yaklaşım, W değerlendirme şirketi tarafından dört farklı ülkede test edilmek istenmektedir. Bu test kapsamında, alternatifler kümesi $\mathcal{U} = \{u_1, u_2, u_3\}$, alternatifler kümesi, $Q = \{k_1, k_2\}$ tedarik kümesi, parametreler kümesi $\epsilon = \{e_1 = \text{ulaşım}, e_2 = \text{konum}\}$ olacak şekilde parametreler e_i ($i = 1, 2$) olarak tanımlanmıştır. Etki parametreler kümesi ise $\Lambda = \{l_1 = \text{"çevre"}, l_2 = \text{"ekonomi"}\}$ ile gösterilsin. Bu yapı çerçevesinde EQBEK algoritması kullanılarak en uygun döngüsel ekonomi politikasının belirlenmesi hedeflenmektedir. O halde;

$$\Lambda^1(u_1, k_1) = \left\{ \frac{l_1}{(0.6)}, \frac{l_2}{(0.3)} \right\}, \quad \Lambda^2(u_1, k_2) = \left\{ \frac{l_1}{(0.4)}, \frac{l_2}{(0.9)} \right\}$$

$$\Lambda^5(u_2, k_1) = \left\{ \frac{l_1}{(0.4)}, \frac{l_2}{(0.8)} \right\}, \quad \Lambda^7(u_2, k_2) = \left\{ \frac{l_1}{(0.2)}, \frac{l_2}{(0.5)} \right\}$$

$$\Lambda^{10}(u_3, k_1) = \left\{ \frac{l_1}{(0.7)}, \frac{l_2}{(0.8)} \right\}, \quad \Lambda^{12}(u_3, k_2) = \left\{ \frac{l_1}{(0.6)}, \frac{l_2}{(0.8)} \right\}$$

$$(N_Q, Z) = \left\{ \left[(e_1), \left(\frac{(u_1, k_1)}{0.3}, \frac{(u_1, k_2)}{0.7}, \frac{(u_2, k_1)}{0.5}, \frac{(u_2, k_2)}{0.5}, \frac{(u_3, k_1)}{0.5}, \frac{(u_3, k_2)}{0.6} \right) \right], \right. \\ \left. \left[(e_2), \left(\frac{(u_1, k_1)}{0.6}, \frac{(u_1, k_2)}{0.9}, \frac{(u_2, k_1)}{0.7}, \frac{(u_2, k_2)}{0.3}, \frac{(u_3, k_1)}{0.7}, \frac{(u_3, k_2)}{0.3} \right) \right] \right\}$$

Tablo 1 EQBEK yi göstermektedir.

Aşağıdaki algoritma, Sunulan önerler arasında en uygun öneriyi seçmek için kullanılabilir.

1. QBEK (N_Q, Z) oluşturun
2. EQBEK $(N_Q, Z)_\Lambda$ hesaplayın,
3. EQBEK $s_j(u, k) = \frac{|\theta|}{s(\theta)}$ hesaplayın,
4. $\max s_j$ bulun ve çıkan sonucu büyükten küçüğe sıralayın.

Tablo 1: Etkin Q-Bulanık Esnek Küme

$u \times Q$	(u_1, k_1)	(u_1, k_2)	(u_2, k_1)	(u_2, k_2)	(u_3, k_1)	(u_3, k_2)
$N(e_1)_\Lambda$	0.6	0.9	0.8	0.7	0.9	0.2
$N(e_2)_\Lambda$	0.8	1.0	0.9	0.5	0.9	0.7
$s_j(u, k)$ $= \frac{ \theta }{s(\theta)}$	0.7	0.95	0.85	0.6	0.9	0.45

Görüldüğü gibi, maksimum puan $\max s_j = 0.95$ tir. Dolayısıyla en iyi alternatif (u_1) ve en iyi tedarikçi k_2 dir.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Döngüsel ekonomi ilkelerine dayalı sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin başarısı, büyük ölçüde çevresel sorunların doğru, zamanında ve bütüncül biçimde tanımlanmasına bağlıdır. Bu bağlamda, Türkiye'nin çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşabilmesi için ekonomik, sosyal ve çevresel faktörleri birlikte değerlendiren yeni ve esnek karar destek yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada önerilen yöntem, karar verme süreçlerinde belirsizliklerin yönetilmesini sağlayarak, çevresel problemlere yönelik en uygun alternatif

politikaların belirlenmesine olanak tanımaktadır. Önerilen modelin temel avantajı, yalnızca çevre koruma ekseninde değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirliği de gözeterek politika yapıcılara çok boyutlu bir analiz imkânı sunmasıdır. Bilinçli tüketim tercihlerinin desteklenmesiyle gereksiz üretimin azaltılması ve bu sayede kaynak kullanımının optimize edilmesi mümkün hale gelmektedir. Bu durum, çevresel zararların azaltılmasına katkı sunarken, çevre dostu politikaların uygulanabilirliğini ve kabul edilebilirliğini artırmaktadır. Modelin dikkat çeken bir diğer yönü ise, çevresel sorunları yalnızca bağımsız değişkenler olarak değil, aralarındaki karşılıklı etkileşimleriyle birlikte ele almasıdır. Bu sistem yaklaşımı, sürdürülebilir kalkınma politikalarının etkilerini daha doğru analiz edebilmek açısından önemlidir. Başlangıçta tek bir uzman değerlendirmesine dayalı geliştirilen uygulama yapısı, ilerleyen süreçlerde farklı uzman görüşlerinin entegre edilmesiyle daha geniş, geçerli ve güvenilir bir karar destek mekanizmasına dönüştürülebilir. Ayrıca, yapay zeka destekli analiz tekniklerinin özellikle bulanık mantık ve Q-bulanık esnek küme teorisinin entegrasyonu, belirsiz verilerin yorumlanmasında karar alıcılara önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu sayede, karmaşık sistemlerde tutarlı ve esnek karar süreçlerinin oluşturulması mümkün hale gelmektedir.

Sonuç olarak, önerilen yaklaşım Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşması yolunda hem kuramsal hem de uygulamaya dönük güçlü bir katkı sunmaktadır. Model, yalnızca mevcut çevresel sorunlara çözüm sunmakla kalmayıp, aynı zamanda uzun vadeli, geleceğe dönük ve stratejik çevre politikalarının tasarlanmasında etkili bir yol haritası sunarak, politika yapıcılar için güçlü bir karar destek sistemine dönüşme potansiyeli taşımaktadır.

Kaynakça

- Adam, F. and Hassan, N. (2016). Multi Q-fuzzy soft expert set and its applications. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*,30(2): 943–950. <https://doi.org/10.3233/IFS-151816>
- Adam, F. and Hassan, N. (2014). Q-fuzzy soft set. *Applied Mathematical Sciences*,8(174): 8689-8695.
- Adam F, Hassan N. (2014a). Operations on Q-fuzzy soft set. *Applied Mathematical Sciences*,8(175): 8697–8701. <http://dx.doi.org/10.12988/ams.2014.410866>
- Adam, F. and Hassan, N. (2014b). Q-fuzzy soft matrix and its application. *AIP Conference Proceedings*, 1602: 772–778, doi: 10.1063/1.4882573
- Adam, F. and Hassan, N. (2014c). Multi Q-fuzzy parameterized soft set and its application. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 27(1): 419–424. <https://doi.org/10.3233/IFS-131009>
- Adam, F. and Hassan, N. (2015). Multi Q-fuzzy soft set and its application. *Far East Journal of Mathematical Sciences*, 97(7): 871–881. http://dx.doi.org/10.17654/FJMSAug2015_871_881
- Alkhazaleh, S. and Salleh, A.R. (2011). Soft expert sets. *Advances in Decision Sciences*. 2011. article no. 757868. doi:10.1155/2011/757868
- Alkhazaleh, S., & Salleh, A. R. (2014). Fuzzy soft expert set and its application. *Applied Mathematics*, 5(09), 1349-1368. <http://dx.doi.org/10.4236/am.2014.59127>
- Alhazaymeh, K. and Hassan, N. (2014). Generalized vague soft expert set. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 93(3): 351 – 360. <http://dx.doi.org/10.12732/ijpam.v93i3.5>
- Alhazaymeh, K and Hassan, N. (2014a). Mapping on generalized vague soft expert set. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 93(3): 369–376. <http://dx.doi.org/10.12732/ijpam.v93i3.7>
- Alkhazaleh, S. (2022). Effective fuzzy soft set theory and its applications. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 2022(1), 6469745. <https://doi.org/10.1155/2022/6469745>
- Asante, R., Faibil, D., Agyemang, M., & Khan, S. A. (2022). Life cycle stage practices and strategies for circular economy: Assessment in construction and demolition industry of an emerging economy. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(54), 82110–82121. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21470-w>

- Atvur, V. (2022). Türkiye's Climate Policies in the Context of Sustainable Security. *Bilig*, 103, 59–93. <https://doi.org/10.12995/bilig.10303>
- Aydın, S. (2021). Environmental impact of coronavirus (COVID-19) from Turkish perceptive. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 7573–7580. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00933-5>
- Azam Khan, M., & Ozturk, I. (2020). Examining foreign direct investment and environmental pollution link age in Asia. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07387-x>
- Bahceci, H. I. (2018). Türkiye'de Çevreciliğin Tarihi- History of Environmentalism in Turkey eds. Burak Herguner and Eol Kalkan, Türkiye'de Çevre Politikaları-Enviremental Policies in Turkey, Nobel Yayıncılık, 2018, 45–62.
- Barry, J. (2014). Green political theory. In V. Geoghegan & R. Wilford (Eds.), *Political ideologies: An introduction* (4th ed., pp. 153–178). Routlege.
- Baykan B. G. (2013). Environmentalists in Turkey - Who are they? In Ulrike Dufner (Edt.), *The Green Movement In Turkey*. (Heinrich Böll Stiftung – Turkey Representation, pp. 8–11).
- Begüm, Ö., & Canel, C. (2016). Environmental sustainability and vision of Turkey. *Journal of Business and Economics*, 7(9), 1533–1542. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05346-2>
- Bojnec, T., & Papler, D. (2011). Economic efficiency, energy consumption and sustainable development. *Journal of Business Economics and Management*, 12(2), 353–374. <https://doi.org/10.3846/16111699.2011.573278>
- Boyar, O. (2020). Anayasa ve Sürdürülebilir Kalkınma- The Constitution and Sustainable Development. *İstanbul Hukuk Mecmuası*, 78(4), 1921–1957. <https://doi.org/10.26650/mecmua.2020.78.4.0007>
- Başer, Z., & Uluçay, V. (2024). Effective Q-Fuzzy Soft Expert Sets and Its Some Properties. *Uncertainty Discourse and Applications*. <https://doi.org/10.48313/uda.v1i2.41>
- Başer, Z., & Uluçay, V. (2024) Effective Q-Neutrosophic Soft Expert Sets and Its Application in Decision Making. *Algebraic Structures In the Universe of Neutrosophic: Analysis with Innovative Algorithmic Approaches*, 147.
- Baser, Z., & Ulucay, V. (2025). Energy of a neutrosophic soft set and its applications to multi-criteria decision-making problems. *Neutrosophic Sets and Systems*, 79(1), 28.

- Charef, R. (2024). A digital framework for the implementation of the circular economy in the construction sector: Expert opinions. *Sustainability*, 16(14), 5849. <https://doi.org/10.3390/su16145849>
- Deli, I., Uluçay, V., & Baser, Z. (2025). Neutrosophic Inference Systems Using Takagi-Sugeno-Kang Model and Its Application. *Neutrosophic Sets and Systems*, 88(1), 68.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Hassan, H., & Faggian, R. (2023). System thinking approaches for circular economy: Enabling inclusive, synergistic, and eco-effective pathways for sustainable development. *Frontiers in Sustainability*, 4, 1267282. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1267282>
- Hazaymeh, A.A, Abdullah I.B., Balkhi and Ibrahim, R.I. (2012). Generalized fuzzy soft expert set. *Journal of Applied Mathematics*, Article ID 328195 doi: 10.1155/2012/328195
- Hassan, N. and Alhazaymeh, K. (2013). Vague soft expert set theory. *AIP Conference Proceedings*, 1522: 953–958, doi: 10.1063/1.4801233
- Hassan, N. and Alhazaymeh, K. (2013a). Generalized vague soft expert set theory, *AIP Conference Proceedings*, 1571: 970–974, doi: 10.1063/1.4858779
- Hazaymeh, A. (2024). Time Effective Fuzzy Soft Set and Its Some Applications with and Without a Neutrosophic. *International Journal of Neutrosophic Science*, (2), 129-29. 10.54216/IJNS.23021
- Ibrahim, M. (2024). Integrating circular economy principles for sustainable development. In P. Ordóñez De Pablos (Ed.), *Advances in Finance, Accounting, and Economics* (pp. 142–165). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2750-0.ch007>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Lewandowski, M. (2016). Designing the business models for circular economy—Towards the conceptual framework. *Sustainability*, 8(1), 43. <https://doi.org/10.3390/su8010043>
- Maji, PK, Biswas, R, and Roy, AR (2001). Fuzzy soft sets. *Journal of Fuzzy Mathematics*, 9, 589-602. <https://sid.ir/paper/653896/en>

- Maji, PK, Biswas, R, and Roy, AR (2003). Soft set theory. *Computers & Mathematics with Applications*, 45, 555-562. [https://doi.org/10.1016/S0898-1221\(03\)00016-6](https://doi.org/10.1016/S0898-1221(03)00016-6)
- Molodtsov, D (1999). Soft set theory—first results. *Computers & Mathematics with Applications*, 37, 19-31. [https://doi.org/10.1016/S0898-1221\(99\)00056-5](https://doi.org/10.1016/S0898-1221(99)00056-5)
- Okumuş, N. (2025). Sürdürülebilir Kalkınma Kapsamında Türkiye'de Çevre Ekonomisine Yönelik Yapılan Harcamaların Değerlendirilmesine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 242-251. <https://doi.org/10.21547/jss.1586355>
- Rocha, C. S., Antunes, P., & Partidário, P. (2023). Design for circular economy in a strong sustainability paradigm. *Sustainability*, 15(24), 16866. <https://doi.org/10.3390/su152416866>
- Roy, A.R, and Maji, P.K. (2007). A fuzzy soft set theoretic approach to decision making problems. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 203, 412-418. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2006.04.008>
- Şahin, M., Uluçay, V., Edalatpanah, S. A., Elsebaee, F. A. A., & Khalifa, H. A. E. W. (2022). (α, γ) -Anti-Multi-Fuzzy Subgroups and Some of Its Properties. *Computers, Materials and Continua*, 74(2), 3221-3229.
- Sasso, R. A., Filho, M. G., & Ganga, G. M. D. (2025). Synergizing lean management and circular economy: Pathways to sustainable manufacturing. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 32(1), 543–562. <https://doi.org/10.1002/csr.2962>
- Shittu, O., & Nygaard, C. (2024). Practice perspective implications for sustainable circular economy transitions. In G. B. Melles & C. Wölfel (Eds.), *Design for a sustainable circular economy* (pp. 137–152). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7532-7_8
- Yang, X., Lin, T.Y, Yang, J, Li, Y, and Yu, D. (2009). Combination of interval-valued fuzzy set and soft set. *Computers & Mathematics with Applications*, 58, 521-527. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2009.04.019>
- Uluçay, V., & Şahin, M. (2024). Intuitionistic fuzzy soft expert graphs with application. *Uncertainty discourse and applications*, 1(1), 1-10. <https://doi.org/10.48313/uda.v1i1.16>
- Uluçay, V., & Okumuş, N. (2024). A new generalized similarity measure based on intuitionistic trapezoidal fuzzy multi-numbers: Turkey's sustainable tourism economy strategy application. *Journal of Fuzzy Extension and Applications*, 5(2), 238-250. <https://doi.org/10.22105/jfea.2024.447222.1403>

- Uluçay, V., & Şahin, N. M. (2023). Some harmonic aggregation operators with trapezoidal fuzzy multi-numbers: Application of Law. 2023 Neutrosophic SuperHyperAlgebra And New Types of Topologies, 202.
- Uluçay, V., Deli, İ., & Başer, Z. (2025). Intuitionistic fuzzy Takagi–Sugeno–Kang non-linear inference system and its applications to greenhouse control system in agriculture. *International Journal of Information Technology*, 1-10.
- Uluçay, V., Kocasakal, E. G., & Başer, Z. (2025). A hybrid decision-making technique of CoCoSo and entropy methods on trapezoidal fuzzy multi numbers and its application. *Journal of Fuzzy Extension and Applications*, e227153.
- Uluçay, V. (2020). A new similarity function of trapezoidal fuzzy multi-numbers based on multi-criteria decision making. *J Inst Sci Technol*, 10(2), 1233-1246.
- Zadeh, LA (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- Zadeh, LA (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information Sciences*, 8, 199-249. [https://doi.org/10.1016/0020-0255\(75\)90036-5](https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90036-5)