

SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEK İÇİN KARBON EMİSYON TİCARETİ MODELİ ÖNERİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ¹

1. Mustafa Abidinoğlu²

ORCID No 0009-0006-1203-754X

2. Hicabi Ersoy³

ORCID No 0000-0002-3573-1976

3. Ahmet Herekoğlu⁴

ORCID No 0000-0002-4004-2083

Başvuru Tarihi: 22.04.2025

Kabul Tarihi: 12.06.2025

Yayın Tarihi: 30.06.2025

ÖZET

Bu makale, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda etkili bir emisyon ticareti sistemi (ETS) modeli önerisi sunmayı amaçlamaktadır. Sosyal finans ve yeşil finans perspektiflerini bütünlükten çalıştırarak, ülkenin kendine özgü koşullarını dikkate alan kapsamlı bir model geliştirmeyi hedeflemektedir. Araştırma, kümeleme analizi yöntemiyle Türkiye'ye benzer ekonomik yapıya sahip bazı ülkelerin deneyimlerini incelemekte ve optimal sistem parametrelerini belirlemektedir. Gerçekleştirilen analizler, Türkiye'nin emisyon profilinde enerji sektörünün %75.4 ve endüstriyel süreçlerin %23.3'lük pay ile emisyon bakımından öne çıktığını göstermektedir. Bu doğrultuda geliştirilen model önerisi, emisyon ticaret sisteminin başlangıç fiyatı 0.54 USD/tCO₂e ve 0.44-0.65 USD/tCO₂e fiyat bandı ile toplam emisyonların %98.7'sini kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Çalışma, kısa vadede yasal ve kurumsal altyapının güçlendirilmesini, orta vadede sistemin tam ölçekli uygulamaya geçirilmesini ve uzun vadede piyasa derinliğinin artırılmasını öngören kademeli bir geçiş stratejisi önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Emisyon Ticareti Sistemi, Sosyal Finans, Yeşil Finans, Sürdürülebilir Kalkınma, Karbon Fiyatlandırma

CARBON EMISSION TRADING MODEL PROPOSAL FOR A SUSTAINABLE FUTURE: THE CASE OF TURKEY

ABSTRACT

This study aims to propose an effective emissions trading system (ETS) model for Turkey in line with its sustainable development goals. The research focuses on developing a comprehensive model that integrates social and green finance perspectives while considering the country's unique conditions. Using cluster analysis, the study examines countries with similar economic structures to Turkey and determines optimal system parameters. The analyses reveal that the energy sector accounts for 75.4% and industrial processes for 23.3% of Turkey's emission profile. Accordingly, the proposed model is designed with an initial price of 0.54 USD/tCO₂e and a price band of 0.44-0.65 USD/tCO₂e, covering 98.7% of total emissions. The study proposes a gradual transition strategy that relates to legal and institutional infrastructure as well as implementation of the system at full scale.

Keywords: ETS, Social Finance, Green Finance, Sustainable Development, Carbon Pricing

¹ Bu makale çalışması "Sosyal Finans ve Yeşil Finans Bağlamında Emisyon Ticareti Modeli Önerisi ve Türkiye'nin Sürdürülebilir Geleceği" tez çalışmasından türetilmiştir.

² Mustafa Abidinoğlu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, mustafa.abidinoglu@istanbulticaret.edu.tr

³ Prof. Dr., Hicabi Ersoy, İstanbul Ticaret Üniversitesi, hersoy@ticaret.edu.tr

⁴ Dr. Öğr. Üyesi, Ahmet Herekoğlu, Kapadokya Üniversitesi, ahmet.herekoğlu@kapadokya.edu.tr



1. GİRİŞ

Küresel iklim krizi ve ekolojik sistemlerdeki bozulmalar, insanlığın karşı karşıya kaldığı en büyük tehditlerden biri haline gelmiştir. Bu bağlamda, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesinde sosyal ve yeşil finansman araçlarının önemi, her geçen gün daha da belirgin hale gelmektedir. Özellikle gelişmekte olan ekonomilerde, çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik büyüme arasındaki hassas dengenin korunması, yenilikçi finansal mekanizmaların geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Ada, 2022; Kuzucu, 2015; Zengin, 2020). Son yıllarda, gelişmekte olan ülkelerde yeşil finansmanın artan rolü, çevreye duyarlı projelere sermaye akışını hızlandırmakta ve emisyon azaltım politikalarının finansal altyapısını güçlendirmektedir (Meo ve Abd Karim, 2022). Bu bağlamda, özellikle bankacılık sektörü ve kamu-özel iş birlikleri gibi alanlarda sürdürülebilir finans araçlarının kurumsallaşması ön plana çıkmaktadır.

Emisyon ticareti sistemlerinin sürdürülebilir finansman alanındaki rolü, özellikle gelişmekte olan ekonomiler için kritik bir öneme sahiptir. Türkiye gibi ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasında denge kurmaya çalışan ülkeler için, bu sistemlerin etkin tasarımı ve uygulanması, yeşil dönüşümün finansmanında önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Düşük karbon ekonomisine geçiş sürecinde ETS'nin sunduğu fırsatlar ve yeşil yatırımları teşvik etme potansiyeli, sürdürülebilir kalkınmanın finansmanında kritik bir araç olarak değerlendirilmektedir (European Commission, 2019). ETS'nin maliyet etkinliği, şirketleri karbon yoğun üretimden uzaklaştırarak temiz teknoloji yatırımlarını cazip hale getirmektedir (Bai, 2022). Ayrıca, iyi işleyen bir karbon piyasası, yatırımcıların uzun vadeli risk değerlendirmelerini yeniden yapılandırmalarına imkân sağlamaktadır.

Türkiye'nin karbon salınımını azaltmaya yönelik mevcut politika çerçevesi, uluslararası standartlarla uyumlu bir ETS mekanizmasının yokluğunda önemli kısıtlamalarla karşı karşıyadır. Bu yapısal eksiklik, hem çevresel hem de ekonomik sürdürülebilirlik açısından çok yönlü riskler barındırmaktadır (Resources for the Future, 2023). Bunun yanı sıra, sosyal ve yeşil finans enstrümanlarının yeterli düzeyde kullanılmaması ve mevcut finansal sistemle entegrasyonundaki zorluklar, söz konusu politikaların etkinliğini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır (Şimşek ve Tunali, 2022). Bu bağlamda, yeşil tahvillerin ihracı, düşük faizli kredi teşvikleri ve sürdürülebilirlik endeksleriyle entegre finansman sistemlerinin oluşturulması gibi yapısal reformlara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, karbon fiyatlandırmasının hukuki altyapısının netleştirilmesi, özel sektörün katılımını artırabilecek önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir (Bai, 2022).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin sosyoekonomik yapısı, endüstriyel kompozisyonu ve çevresel koşullarını dikkate alan, uygulanabilir ve etkili bir ETS modeli önerisi geliştirmektir. Araştırma, aşağıdaki temel sorulara yanıt aramaktadır:

1. Türkiye'nin kendine özgü koşulları göz önüne alındığında nasıl bir ETS modeli en etkili sonuçları üretebilir?
2. ETS'nin Türkiye'nin mevcut ve geliştirilmekte olan sosyal ve yeşil finans stratejileriyle entegrasyonu hangi kurumsal ve operasyonel mekanizmalarla sağlanabilir?



3. Önerilen model, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma sürecini nasıl hızlandırabilir ve bu süreçte karşılaşılabilecek potansiyel engeller nelerdir?

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Sosyal Finans: Tanımı ve Kapsamı

Sosyal finans, geleneksel finansal yaklaşımların ötesine geçerek, finansal getirilerle sosyal faydayı dengeleyen yenilikçi bir finansman modelini temsil etmektedir. Bu model, salt kâr maksimizasyonundan ziyade, toplumsal sorunlara sürdürülebilir çözümler üretmeyi hedefleyen projelere kaynak sağlamayı amaçlamaktadır (Ada, 2022). Sosyal finansın temel felsefesi, finansal araçların toplumsal refahı artırmak için sistematik bir şekilde kullanılmasına dayanmaktadır.

Sosyal finans, geleneksel finans sistemlerinin ötesine geçerek toplumsal ve çevresel etkileri ön planda tutan yatırım stratejilerini kapsamaktadır. Bu yaklaşım, sadece finansal getiri odaklı olmayan, aynı zamanda sosyal ve çevresel değer yaratmayı da hedefleyen bir anlayış sunmaktadır. Sosyal finans modeli, finansal getiri ile sosyal etki arasında optimum denge kurarak, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada önemli bir araç olarak konumlanmaktadır.

Özellikle sosyal girişimcilik, mikrofinans ve etki yatırımları (impact investing) gibi araçlar bu alanda kritik işlevler üstlenmektedir. Türkiye'de ise sosyal finans uygulamaları hâlen erken aşamada olmakla birlikte, STK'lar ve kalkınma ajanslarının öncülüğünde gelişmektedir (Lehner, 2016; Kendirli et al., 2024).

2.2. Yeşil Finans: Tanımı ve Stratejik Önemi

Yeşil finans, çevresel sürdürülebilirliği merkeze alan ve finansal kaynakların sistematik bir şekilde yeşil projelere yönlendirilmesini sağlayan kapsamlı bir finansman çerçevesidir (European Commission, 2019). Bu yaklaşım, geleneksel finansal sistemin çevresel etkileri göz ardı eden yapısını dönüştürerek, sürdürülebilir bir ekonomik modele geçişi hızlandırmayı hedeflemektedir.

Yeşil finansın stratejik önemi, özellikle küresel iklim krizi bağlamında giderek artmaktadır. Bu finansman modeli şu temel amaçlara hizmet etmektedir:

İklim Değişikliğiyle Mücadele: Yeşil finans, sera gazı emisyonlarının azaltılmasını, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin finansmanını ve enerji verimliliği projelerinin desteklenmesini hedeflemektedir.

Çevresel Risklerin Yönetimi: Doğal afet risklerinin finansal etkilerinin azaltılması, ekolojik sistemlerin korunması ve biyoçeşitliliğin sürdürülmesi, yeşil finansın önemli odak alanlarındandır.

Sürdürülebilir Ekonomik Büyüme: Yeşil teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, döngüsel ekonomi modellerinin desteklenmesi ve sürdürülebilir altyapı yatırımlarının finansmanı, yeşil finansın temel hedefleri arasındadır (Zengin, 2020).

Türkiye özelinde, yeşil tahvil ve sukuk ihracı, kamu bankalarının sürdürülebilir finansman alanındaki kredi politikaları ve Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik Endeksi gibi araçlar yeşil finansmanın kurumsallaşmasında etkili olmuştur (Bayram et al., 2022; Özbek, 2024).



2.3. Karbon Ticareti ve Emisyon Ticaret Sistemi (ETS)

Karbon ticareti, küresel iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir piyasa mekanizması olarak ortaya çıkmıştır. Bu sistem, sera gazı emisyonlarını ekonomik bir değer haline getirerek işletmelerin ve ülkelerin çevresel etkilerini içselleştirmelerini sağlayan yenilikçi bir yaklaşımı temsil etmektedir (World Bank, 2021). Karbon ticareti, dışsallıkların içselleştirilmesi prensibine dayanmakta ve piyasa mekanizmalarını kullanarak maliyet-etkin emisyon azaltımını teşvik etmektedir.

Sistemin temelinde, belirli bir coğrafi bölge veya sektör için toplam emisyon üst sınırının (cap) belirlenmesi ve bu sınır dahilinde emisyon kotalarının (allowances) katılımcılar arasında dağıtılması yatmaktadır. Bu yaklaşım, işletmelere emisyonlarını azaltma veya diğer katılımcılardan kredi satın alma esnekliği sağlayarak, en maliyet etkin çözümlerin hayata geçirilmesini teşvik etmektedir. Karbon piyasaları, zorunlu (compliance) ve gönüllü (voluntary) olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır.

Emisyon Ticaret Sistemi (ETS), karbon ticaretinin en yaygın ve sistematik uygulaması olarak öne çıkmaktadır (Abdurrahim, 2023). Bu sistem, "cap-and-trade" (sınırla ve ticaretini yap) prensibi üzerine kurulu olup, enerji üretimi, ağır sanayi ve havacılık gibi yüksek emisyon üreten sektörleri kapsayacak şekilde tasarlanmıştır.

Türkiye’de yasal altyapısı henüz tamamlanmamış olan ETS sisteminin, yakın gelecekte İklim Kanunu ile birlikte yürürlüğe girmesi beklenmektedir (Erinç, 2025). Bu gelişme, AB Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM) ile ticaret yapan Türk sanayiciler için stratejik öneme sahiptir (Baştürk, 2024).

2.4. Türkiye'nin Sürdürülebilir Finansman Stratejileri

Türkiye'nin sürdürülebilir finansman alanındaki çabaları, küresel sürdürülebilirlik gündeminin ivme kazanmasıyla birlikte son yıllarda önemli bir gelişim göstermiştir. Özellikle Paris Anlaşması'nın onaylanması ve 2053 net sıfır emisyon hedefinin açıklanması, sürdürülebilir finansman stratejilerinin geliştirilmesine yönelik çabaları hızlandırmıştır. Ancak, bu alandaki uygulamaların uluslararası standartlarla tam uyumu henüz sağlanamamış olup, özellikle karbon fiyatlandırma ve ETS mekanizmalarının eksikliği, ülkenin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasında önemli bir engel teşkil etmektedir (International Finance Corporation, 2020).

Türkiye’de sürdürülebilir finansman çerçevesinin gelişimi, bankacılık sektörü, sermaye piyasaları ve düzenleyici kurumların ortak çabalarıyla şekillenmektedir. Merkez Bankası, BDDK ve SPK gibi düzenleyici kurumların sürdürülebilir finans alanında geliştirdikleri politikalar ve düzenlemeler, sistemik bir dönüşümün başlangıç aşamasını oluşturmaktadır.

Ancak, yeşil finansman araçlarının kullanım oranı gelişmiş ülkelere kıyasla düşüktür ve sermaye piyasalarındaki derinlik halen sınırlıdır. Bu nedenle, FinTech destekli sürdürülebilir finans modelleri, dijital yeşil bono platformları ve kamu destekli garanti sistemleri gibi yenilikçi uygulamaların geliştirilmesi önem arz etmektedir (Yazıcı et al., 2025; Demirci & Öztürk, 2015).



3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ VE VERİ SETİ

3.1. Veri Kaynakları ve Kapsamı

Bu çalışmada kullanılan veriler üç temel kaynaktan derlenmiştir: Dünya Bankası'nın açık veri portalı⁵ (World Bank, 2023), Türkiye İstatistik Kurumu'nun resmi istatistik verileri⁶ (TÜİK, 2023) ve Dünya Bankası Karbon Fiyatlandırma Paneli (World Bank, 2022)⁷. Ham veriler kapsamlı bir ön işleme sürecinden geçirilmiş ve analize uygun iki temel veri setine dönüştürülmüştür.

Bu verilerin seçiminde Dünya Bankası'nın küresel ekonomik göstergeleri sistematik olarak takip etmesi ve uluslararası karşılaştırmalara olanak sağlayan standart metodolojiler kullanması etkili olmuştur. Dünya Bankası, ülkelerin ekonomik ve çevresel performanslarını tutarlı kriterlere göre değerlendirerek, güvenilir ve karşılaştırılabilir veri setleri sunmaktadır.

İlk veri seti olan emisyon veri seti, ülkelerin sektörel bazda emisyon verilerini içermektedir. Bu dosyada 'Country' sütunu ülke isimlerini, 'Year' sütunu 2000-2022 yılları arasındaki zaman periyodunu göstermektedir. Sektörel emisyonlar 'Agriculture' (tarım), 'Waste' (atık), 'Energy' (enerji) ve 'Industrial Processes' (endüstriyel süreçler) sütunlarında milyon ton CO₂ eşdeğeri cinsinden kaydedilmiştir.

3.2. Metodolojik Yaklaşım ve Analiz Teknikleri

Çalışmada benimsenen karma metodolojik yaklaşım, üç ana aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada tanımlayıcı istatistiksel analizler yapılarak Türkiye'nin emisyon profili detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu kapsamda sektörel emisyon dağılımları, yıllara göre emisyon trendleri ve büyüme oranları analiz edilmiştir. Trend analizi, emisyon verilerinin zaman içindeki değişimini sistematik bir şekilde inceleyerek, uzun vadeli eğilimleri ve döngüsel değişimleri belirlemeyi amaçlamaktadır.

İkinci aşamada, benzer ekonomik yapıya sahip ülkelerle karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma için seçilen ülkeler dört ana kategoride gruplandırılmıştır. Avrupa'dan gelişmekte olan ekonomiler (Polonya, Romanya, Yunanistan, Bulgaristan, Ukrayna), Asya'nın dinamik ekonomileri (Güney Kore, Malezya, Endonezya, Vietnam, Tayland), Latin Amerika ülkeleri (Meksika, Brezilya, Arjantin, Şili, Kolombiya) ve Afrika ve MENA bölgesi ülkeleri (Güney Afrika, Mısır, Fas, Cezayir, Nijerya) analize dahil edilmiştir.

Son aşamada ise kümeleme analizi kullanılarak, Türkiye'ye benzer karakteristikler gösteren ülkeler sistematik bir şekilde gruplandırılmış ve bu grupların ETS deneyimlerinden yararlanılarak optimal parametre değerleri belirlenmiştir. Bu aşama, özellikle Türkiye için önerilecek ETS modelinin parametrelerinin belirlenmesinde kritik öneme sahiptir.

Emisyon tahminleri için ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) modeli tercih edilmiştir. ARIMA modeli, zaman serisi verilerindeki otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA) ve entegrasyon (I) bileşenlerini birleştirerek gelecekteki değerleri tahmin etmek için kullanılan güçlü bir istatistiksel tekniktir.

⁵ <https://data.worldbank.org>

⁶ <https://data.tuik.gov.tr/>

⁷ <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org>

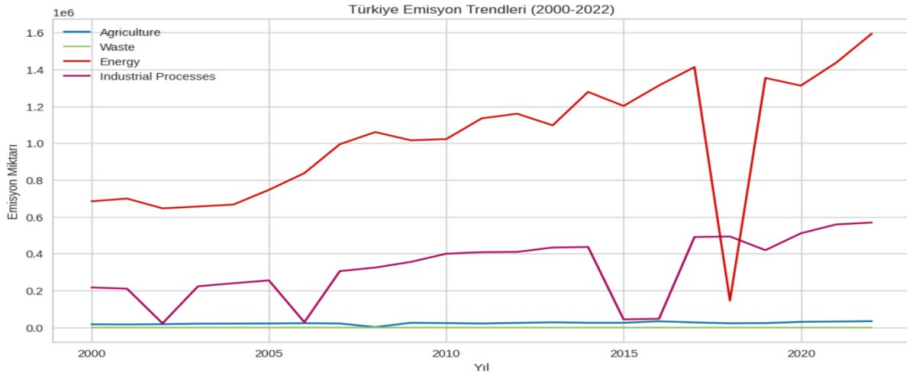


4. TÜRKİYE'NİN MEVCUT DURUMU VE BULGULAR

4.1. Emisyon Trendleri ve Profili

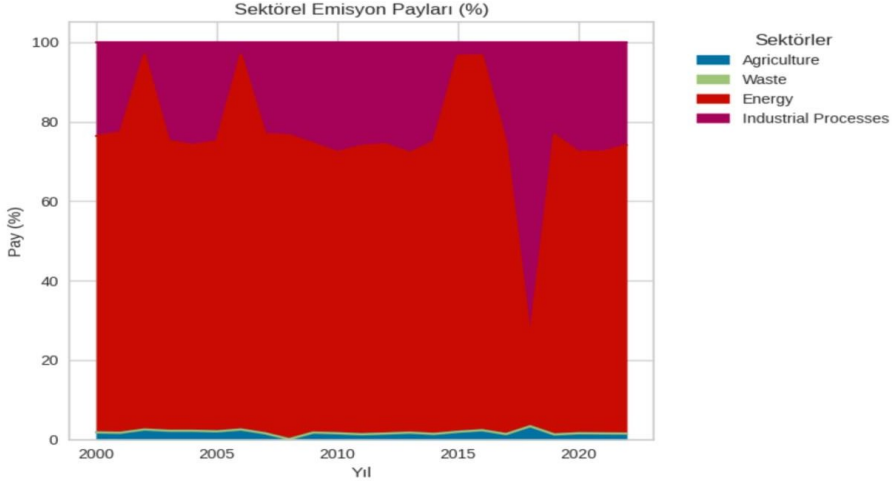
Türkiye'nin 2000-2022 yılları arasındaki emisyon trendleri incelendiğinde, enerji sektörünün açık ara en büyük emisyon kaynağı olduğu görülmektedir. 2000 yılında yaklaşık 0.7 milyon birim olan enerji kaynaklı emisyonlar, 2022'de 1.6 milyon birime yaklaşmıştır. Bu artış, Türkiye'nin ekonomik büyüme ve enerji talebi ile doğrudan ilişkilidir. Şekil 1'de de görülebileceği üzere 2019 yılında yaşanan ani düşüş, COVID-19 pandemisi nedeniyle enerji talebindeki küresel düşüşle bağlantılıdır.

Endüstriyel proseslerden kaynaklanan emisyonlar, 2000-2015 yılları arasında 0.2-0.4 milyon birim arasında dalgalanmış, 2015-2017 döneminde ise keskin bir düşüş göstermiştir. 2018'den itibaren endüstriyel emisyonlar yeniden yükselerek 0.6 milyon birim seviyesine ulaşmıştır. Tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanan emisyonlar ise görece düşük düzeylerde seyretmiş, 2000-2022 döneminde genellikle 0.1 milyon birimin altında kalmıştır.



Şekil 1: Türkiye Emisyon Trendleri

Şekil 2'de gösterilen sektörel emisyon paylarına bakıldığında, enerji sektörünün toplam emisyonların %75.4'ünü, endüstriyel süreçlerin %23.3'ünü oluşturduğu görülmektedir. Tarım sektörü %1.3'lük bir paya sahipken, atık sektörünün payı ihmal edilebilir düzeydedir. Bu dağılım, Türkiye'nin emisyon azaltım stratejilerinde enerji sektörüne öncelik verilmesi gerektiğini göstermektedir.

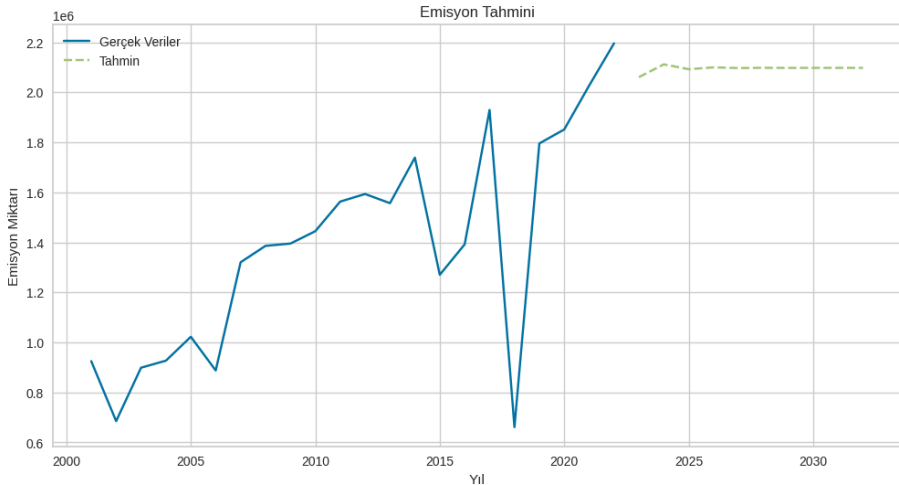


Şekil 2: Sektörel Emisyon Payları

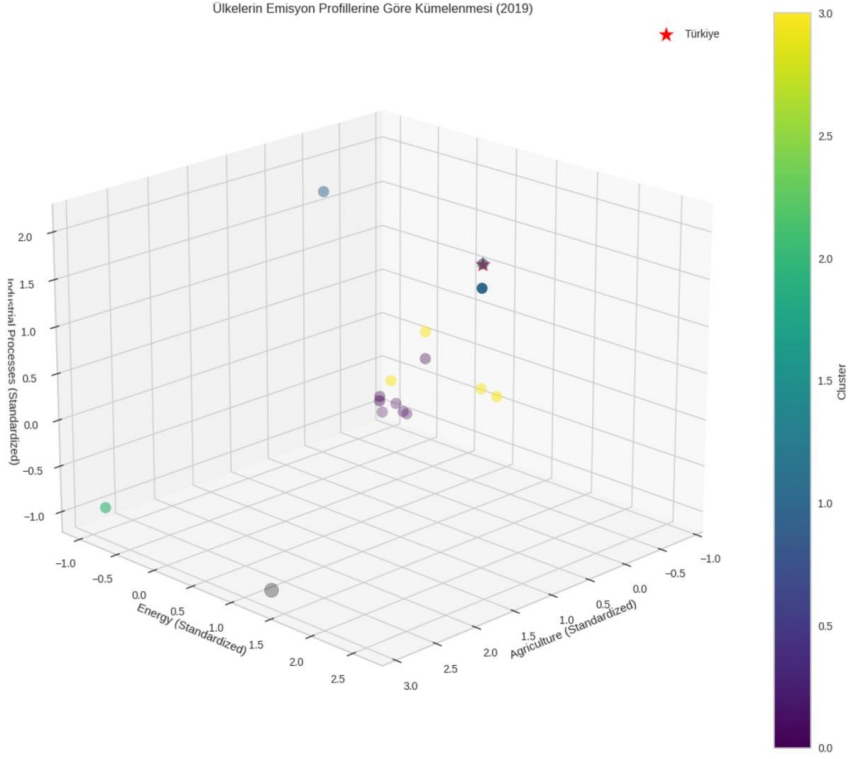
ARIMA modelinin uygulanması sonucunda elde edilen emisyon tahminleri, Türkiye'nin gelecekteki emisyon profilini öngörmek açısından önemli bulgular sunmaktadır. 2025-2030 dönemi için yapılan tahminlerde, emisyon değerlerinin yıllık bazda istikrar kazanacağı ve yaklaşık 2.1 milyon ton CO₂ eşdeğeri seviyesinde seyredeceği Şekil 3'te de görülebileceği üzere tespit edilmiştir.

4.2. Karşılaştırmalı Ülke Analizi ve Kümeleme Sonuçları

K-means algoritması uygulanarak gerçekleştirilen kümeleme analizi sonucunda, ülkeler dört farklı kümeye ayrılmıştır. Optimal küme sayısı, Elbow yöntemi ile belirlenmiştir. Bu yöntem, küme içi varyansın küme sayısına göre değişimini analiz etmekte ve k=4'ten sonra distortion değerindeki azalmanın önemli ölçüde yavaşladığını göstermektedir.



Şekil 3: Türkiye İçin Emisyon Tahminlemesi



Şekil 4: Ülkelerin Emisyon Profillerine Göre Kümelenmesi

Kümeleme analizi sonucunda, Türkiye, Endonezya ve Meksika aynı kümede yer almıştır. Bu kümenin karakteristik özellikleri şunlardır:

- Yüksek enerji kaynaklı emisyonlar (%75-80 arası)
- Önemli endüstriyel emisyon payı (%20-25 arası)
- Hızlı ekonomik büyüme ve artan enerji talebi
- Benzer sosyoekonomik gelişmişlik düzeyi

Bu sonuçlar, Türkiye için tasarlanacak ETS modelinde Endonezya ve Meksika deneyimlerinin önemli referans noktaları olabileceğini göstermektedir. Türkiye ve Endonezya'nın emisyon profillerinde enerji sektörünün yaklaşık %80 ile en yüksek paya sahip olması, benzer politika yaklaşımlarının uygulanabileceğine işaret etmektedir. Meksika'nın ise karbon fiyatlandırma mekanizmalarını kademeli olarak uygulama stratejisi, Türkiye için önemli dersler sunmaktadır.

5. TÜRKİYE İÇİN EMİSYON TİCARETİ MODELİ ÖNERİSİ

5.1. Kapsam Parametreleri

İlk faz için önerilen toplam kapsam oranı %98.7 olup, bunun %75.4'ü enerji sektörü ve %23.3'ü endüstriyel süreçlerden oluşmaktadır. Tarım sektörü %1.3'lük bir paya sahipken, atık sektörü ilk fazda kapsam dışında tutulmuştur. Bu geniş kapsam,



sistemin etkinliğini artırmayı ve karbon sızıntısı riskini minimize etmeyi hedeflemektedir.

Emisyon Ticaret Sistemi'nin (ETS) etkinliği büyük ölçüde kapsam parametrelerine bağlıdır. Yüksek bir kapsam oranı, sistemin emisyon azaltım hedeflerine ulaşma potansiyelini artırırken, ekonomik aktörler üzerindeki yükün dengeli dağılımını sağlar. Türkiye için önerilen %98.7'lik toplam kapsam oranı, emisyon profilinin neredeyse tamamını içermekte, bu da sistemin kapsamlı ve etkili bir şekilde uygulanmasını mümkün kılmaktadır.

5.2. Fiyatlandırma Parametreleri

Başlangıç fiyatı 0.54 USD/tCO₂e olarak belirlenmiş, 0.44-0.65 USD/tCO₂e aralığında bir fiyat bandı önerilmiştir. Bu fiyat bandında:

- Alt Limit (0.44 USD): Fiyatların aşırı düşmesini engelleyerek sistemin etkinliğini korumayı amaçlar
- Üst Limit (0.65 USD): Ekonomik aktörler üzerindeki mali yükün kontrollü kalmasını sağlar
- Bant Genişliği: Yaklaşık 0.21 USD'lik bir manevra alanı sunarak piyasa dinamiklerinin işlemesine olanak tanır

Bu fiyat düzeyi, sistemin kademeli olarak uygulanmasını ve piyasa aktörlerinin adaptasyonunu kolaylaştırmayı hedeflemektedir. Önerilen fiyat bandı, kümeleme analizinde Türkiye ile aynı grupta yer alan Endonezya ve Meksika'nın karbon fiyatlandırma politikalarını göz önünde bulundurarak belirlenmiştir.

5.3. Uygulama Stratejisi

Önerilen model, kademeli bir geçiş stratejisi benimsemektedir. Bu strateji üç aşamadan oluşmaktadır:

5.3.1. Hazırlık Aşaması (1-2 Yıl)

Bu aşama, sistemin yasal ve kurumsal altyapısının oluşturulmasına odaklanmaktadır. Temel bileşenler şunlardır:

- Yasal Çerçevenin Oluşturulması: ETS'ye ilişkin kapsamlı bir yasal çerçevenin geliştirilmesi
- Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi: Sistem yönetiminden sorumlu kurumların belirlenmesi
- İzleme, Raporlama ve Doğrulama (MRV) Sisteminin Kurulması: Emisyonların izlenmesi, raporlanması ve doğrulanmasına ilişkin standart ve prosedürlerin geliştirilmesi
- Pilot Uygulamaların Başlatılması: Seçili sektörlerde pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi
- Paydaş İstişare Süreçleri: Kamu kurumları, özel sektör, akademi ve sivil toplum kuruluşlarının katılımıyla istişare süreçlerinin yürütülmesi



5.3.2. Kademeli Uygulama Aşaması (2-3 Yıl)

Bu aşama, sistemin aşamalı olarak uygulamaya geçirilmesini ve piyasa mekanizmalarının geliştirilmesini içermektedir. Temel bileşenler şunlardır:

- Sistemin Aşamalı Olarak Devreye Alınması: İlk olarak yüksek emisyonu sahip sektörlerin sisteme dahil edilmesi
- Tahsisat Mekanizmalarının Uygulanması: İlk dönemde ücretsiz tahsisatların payının yüksek tutulması
- Fiyat İstikrar Mekanizmalarının Test Edilmesi: Önerilen fiyat bandının etkinliğinin değerlendirilmesi
- İkincil Piyasaların Geliştirilmesi: Tahsisatların alım-satımını kolaylaştıracak platformların oluşturulması
- İzleme ve Değerlendirme: Sistemin performansının düzenli olarak izlenmesi

5.3.3. Olgunlaşma ve Genişleme Aşaması (3-5 Yıl)

Bu aşama, sistemin tam ölçekli uygulamaya geçirilmesini, derinleştirilmesini ve uluslararası entegrasyonunu içermektedir. Temel bileşenler şunlardır:

- Sistemin Tam Ölçekli Uygulamaya Geçirilmesi: Tüm hedef sektörlerin sisteme entegrasyonu
- Piyasa Derinliğinin Artırılması: Piyasa likiditesinin ve etkinliğinin artırılması
- Uluslararası Bağlantıların Kurulması: Diğer ETS'lerle bağlantı kurulması
- Teknolojik İnovasyonun Teşvik Edilmesi: Düşük karbonlu teknolojilerin geliştirilmesi
- Sürdürülebilir Finans Ekosistemiyle Entegrasyon: Karbon piyasası araçlarının yeşil finans ekosistemiyle tam entegrasyonunun sağlanması, sürdürülebilir yatırım stratejilerinin desteklenmesi, yeşil tahvil ve sürdürülebilirlik bağlantılı kredi gibi araçların geliştirilmesi.

Bu aşamanın başarısı, Türkiye'nin düşük karbonlu ekonomiye geçiş sürecini hızlandıracak ve uluslararası iklim hedeflerine katkıda bulunacaktır.

5.4. İzleme, Raporlama ve Doğrulama (MRV) Sisteminin Tasarımı

Etkin bir İzleme, Raporlama ve Doğrulama (MRV) sistemi, emisyon ticaret sisteminin güvenilirliği ve etkinliği için temel bir bileşendir. Önerilen MRV çerçevesi şu unsurları içermektedir:

- Standardize Edilmiş Metodolojiler: Emisyonların ölçümü ve hesaplanması için sektöre özgü metodolojilerin geliştirilmesi
- Kapsamlı Raporlama Çerçevesi: Düzenli ve sistematik raporlama formatlarının geliştirilmesi
- Doğrulama Süreci: Bağımsız doğrulayıcıların akreditasyon kriterlerinin belirlenmesi



- Kurumsal Gözetim ve Denetim: MRV süreçlerinin gözetiminden sorumlu kurumsal yapının oluşturulması
- Kapasite Geliştirme: MRV süreçlerinde yer alan tüm paydaşların teknik kapasitesinin geliştirilmesi

Etkin bir MRV sistemi, emisyon verilerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlayarak, sistemin bütünlüğünü koruyacak ve paydaşlar arasında güven oluşturacaktır. Bu sistem, aynı zamanda Türkiye'nin uluslararası raporlama yükümlülüklerini yerine getirmesine ve AB CBAM gibi düzenlemelere uyumunu kolaylaştıracaktır.

5.5. Ekonomik Etki Analizi

Önerilen emisyon ticaret sistemi modelinin ekonomik etkilerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi, politika tasarımı ve uygulama stratejisi için kritik öneme sahiptir. Ekonomik etki analizi şu boyutları içermektedir:

- Makroekonomik Etkiler: Sistemin GSYİH, istihdam, dış ticaret dengesi ve fiyat istikrarı üzerindeki potansiyel etkileri analiz edilmiştir. Kademeli uygulama stratejisi ve esnek fiyat bandı, makroekonomik etkilerin yönetilebilir düzeyde tutulmasını sağlayacaktır.
- Sektörel Etkiler: Enerji üretimi, çimento, demir-çelik, kimya ve petrokimya gibi yüksek emisyonu sahip sektörler üzerindeki etkilerin detaylı analizi yapılmıştır. İlk uygulama döneminde ücretsiz tahsisatların payının yüksek tutulması, sektörel etkilerin kademeli bir şekilde yönetilmesini sağlayacaktır.
- Karbon Kaçağı Riski: Türk sanayisinin uluslararası rekabet gücü üzerindeki potansiyel etkilerin değerlendirilmesi ve karbon kaçağı riskinin yönetilmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesi önem taşımaktadır.
- Teknolojik Dönüşüm Maliyetleri: Düşük karbonlu teknolojilere geçişin maliyetleri ve finansman ihtiyaçları değerlendirilmiştir. ETS gelirlerinin bir kısmının bu dönüşümü destekleyecek inovasyon fonlarına aktarılması, maliyetlerin yönetilmesine katkıda bulunacaktır.
- Gelir Dağılımı Etkileri: Sistemin farklı gelir grupları üzerindeki potansiyel etkileri analiz edilmiş, enerji fiyatlarındaki olası artışların düşük gelir grupları üzerindeki etkilerini hafifletecek sosyal destek mekanizmaları önerilmiştir.

Ekonomik etki analizleri, sistemin uygulanması sırasında düzenli olarak güncellenmeli ve adaptif bir yönetim yaklaşımı benimsenmelidir. Ekonomik etkilerin sistematik bir şekilde izlenmesi ve değerlendirilmesi, politika tasarımının optimize edilmesine ve paydaş desteğinin sürdürülmesine katkıda bulunacaktır.

Aşağıdaki tabloda önerilen ETS parametreleri özetlenmektedir:

**Tablo 1:** Önerilen ETS Parametreleri

Parametre Kategorisi	Parametre	Değer
Kapsam	İlk faz kapsam oranı	98.7%
Kapsam	Enerji sektörü	75.4%
Kapsam	Endüstriyel Süreçler	23.3%
Kapsam	Tarım Sektörü	1.3%
Kapsam	Atık Süreçleri	0%
Fiyat	Başlangıç fiyatı	0.54 USD/tCO ₂ e
Fiyat	Fiyat bandı	044 - 0.65 USD/tCO ₂ e

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Temel Bulgular

Bu çalışma, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerini destekleyecek bir emisyon ticaret sistemi modelinin tasarlanması ve uygulanmasına yönelik kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Araştırma bulguları, Türkiye'nin emisyon profilinde enerji sektörünün %75.4 ve endüstriyel süreçlerin %23.3'lük pay ile öne çıktığını göstermektedir. 2010-2022 dönemini kapsayan trend analizi, ülkenin emisyon yoğunluğunda belirgin bir artış eğilimi olduğunu ortaya koymaktadır. Mevcut durumda karbon fiyatlandırma mekanizmalarının eksikliği, emisyon azaltım hedeflerine ulaşılmasını güçleştiren önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Çalışmada önerilen ETS modeli, kademeli bir geçiş stratejisi benimsemektedir. Model kapsamında başlangıç fiyatı 0.54 USD/tCO₂e olarak belirlenmiş olup, 0.44-0.65 USD/tCO₂e bandında esneklik öngörülmüştür. Sistemin kapsam alanı, ilk fazda toplam emisyonların %98.7'sini içerecek şekilde tasarlanmıştır. Bu geniş kapsam, karbon sızıntısı riskini minimize edecek sektörel stratejilerle desteklenmektedir.

Gerçekleştirilen uluslararası karşılaştırmalı analiz, benzer ekonomik yapıya sahip ülkelerin deneyimlerinden önemli dersler sunmaktadır. Özellikle kümeleme analizi sonucu Türkiye ile aynı grupta yer alan Endonezya ve Meksika'nın ETS deneyimleri, sistem tasarımında yol gösterici olmuştur. Türkiye ve Endonezya'nın emisyon profillerinde enerji sektörünün dominant rolü, benzer politika yaklaşımlarının uygulanabileceğine işaret ederken, Meksika'nın kademeli uygulama stratejisi, geçiş sürecinin yönetilmesi açısından önemli dersler sunmaktadır.

Kurumsal kapasite geliştirme, paydaş katılımı ve uluslararası işbirliği, önerilen modelin başarılı bir şekilde uygulanması için kritik başarı faktörleri olarak belirlenmiştir. Kademeli bir geçiş stratejisi, ekonomik aktörlerin adaptasyonunu kolaylaştırırken, yeterli bir hazırlık dönemi, sistemin sağlam temeller üzerine inşa edilmesini sağlayacaktır. Uluslararası entegrasyon potansiyelinin, sistem etkinliğini artıracak kritik bir faktör olduğu tespit edilmiştir.

6.2. Politika Önerileri

Çalışmanın bulgularından hareketle, Türkiye için kısa, orta ve uzun vadeli politika önerileri geliştirilmiştir.



6.2.1. Kısa Vadeli Öneriler (1-2 Yıl)

Kısa vadede, ETS'nin yasal ve kurumsal altyapısının güçlendirilmesi öncelik taşımaktadır. Bu kapsamda:

- **Yasal Çerçevenin Oluşturulması:** ETS'ye yönelik kapsamlı bir yasal çerçevenin geliştirilmesi, emisyon üst sınırlarının belirlenmesi, tahsisat mekanizmalarının düzenlenmesi ve ceza hükümlerinin tanımlanması.
- **Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi:** Sistem yönetiminden sorumlu kurumların belirlenmesi, teknik ve idari kapasitelerinin güçlendirilmesi, koordinasyon mekanizmalarının oluşturulması.
- **MRV Sisteminin Kurulması:** Emisyonların ölçülmesi, raporlanması ve doğrulanmasına yönelik standart ve prosedürlerin geliştirilmesi, elektronik raporlama sistemlerinin kurulması, doğrulayıcı kuruluşların akreditasyonu.
- **Pilot Uygulamaların Başlatılması:** Yüksek emisyonu sahip belirli sektörlerde pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi, uygulama deneyimlerinden dersler çıkarılması, tam ölçekli uygulamaya hazırlık yapılması.
- **Paydaş Katılımının Sağlanması:** Kamu kurumları, özel sektör, akademi ve sivil toplum kuruluşlarının katılımıyla istişare süreçlerinin yürütülmesi, bilgilendirme ve farkındalık artırma faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi, kapasite geliştirme programlarının düzenlenmesi.

6.2.2. Orta Vadeli Öneriler (2-3 Yıl)

Orta vadeli perspektifte, sistemin tam ölçekli uygulamaya geçirilmesi hedeflenmelidir. Bu dönemde:

- **Kapsam Genişletme Stratejisi:** Sistemin kademeli olarak tüm hedef sektörleri kapsayacak şekilde genişletilmesi, sektörel özellikleri ve rekabet koşullarını dikkate alan bir yaklaşımın benimsenmesi.
- **Fiyat İstikrar Mekanizmaları:** Önerilen fiyat bandının etkinliğinin değerlendirilmesi, piyasa istikrar rezervi gibi ek mekanizmaların entegrasyonu, fiyat sinyallerinin güçlendirilmesi.
- **Uluslararası Bağlantıların Kurulması:** Diğer ETS'lerle bağlantı kurulmasına yönelik çalışmaların başlatılması, özellikle AB ETS ile uyum çalışmalarının hızlandırılması, uluslararası karbon piyasalarıyla entegrasyon olanaklarının değerlendirilmesi.
- **Finansal Altyapının Güçlendirilmesi:** Karbon piyasası araçlarının çeşitlendirilmesi, sekonder piyasaların geliştirilmesi, finansal araçların ve kurumsal yatırımcıların katılımının teşvik edilmesi, risk yönetim araçlarının geliştirilmesi.
- **Yeşil Finans Entegrasyonu:** Karbon piyasası araçlarının yeşil finans ekosistemiyle entegrasyonunun sağlanması, yeşil tahvil ve sürdürülebilirlik bağlantılı kredi gibi araçların geliştirilmesi, sürdürülebilir yatırım stratejilerinin desteklenmesi.



6.2.3. Uzun Vadeli Öneriler (3-5 Yıl)

Uzun vadede ise sistemin optimizasyonu ve derinleşmesi hedeflenmelidir. Bu kapsamda:

- **Piyasa Likiditesinin Artırılması:** Karbon piyasasının likiditesinin ve derinliğinin artırılması, finansal araçların ve kurumsal yatırımcıların aktif katılımının sağlanması, türev ürünlerin geliştirilmesi ve risk yönetim araçlarının çeşitlendirilmesi.
- **Uluslararası Bağlantıların Genişletilmesi:** Diğer ETS'lerle bağlantıların güçlendirilmesi ve genişletilmesi, uluslararası karbon piyasalarıyla tam entegrasyonun sağlanması, uluslararası standartlarla uyumun sürdürülmesi.
- **İnovatif Karbon Finansman Araçları:** Karbon varlık sınıfının geliştirilmesi, yeşil tahviller ve sürdürülebilirlik bağlantılı kredilerle entegrasyonun güçlendirilmesi, yenilikçi finansman mekanizmalarının tasarlanması.
- **Düşük Karbonlu Teknolojilere Geçişin Hızlandırılması:** ETS gelirlerinin bir kısmının inovasyon fonlarına aktarılması, düşük karbonlu teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasının desteklenmesi, ar-ge çalışmalarının teşvik edilmesi.
- **Sektörel Dönüşüm Programları:** Yüksek emisyonu sahip sektörlerin düşük karbonlu alternatiflerle dönüşümünü destekleyecek kapsamlı programların geliştirilmesi, dönüşüm maliyetlerinin yönetilmesine yönelik finansman mekanizmalarının tasarlanması.

Bu politika önerilerinin başarılı bir şekilde uygulanması, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasına ve düşük karbonlu ekonomiye geçiş sürecini hızlandırmasına katkıda bulunacaktır.

6.3. Gelecek Çalışmalar için Öneriler

Gelecekte yapılacak çalışmaların metodolojik açıdan daha kapsamlı analizler içermesi önem taşımaktadır. Bu bağlamda:

- **Sektörel Etki Analizleri:** Farklı sektörler üzerindeki ekonomik etkilerin daha detaylı bir şekilde analiz edilmesi, sektöre özgü tahsisat stratejilerinin geliştirilmesi, rekabet gücü üzerindeki etkilerin değerlendirilmesi.
- **Makroekonomik Modelleme:** ETS'nin GSYİH, istihdam, dış ticaret dengesi ve fiyat istikrarı üzerindeki etkilerinin daha kapsamlı ekonometrik modellerle analiz edilmesi, farklı senaryoların ekonomik etkilerinin karşılaştırılması.
- **Karbon Fiyatlandırma Senaryoları:** Farklı fiyat düzeyleri ve fiyat istikrar mekanizmalarının emisyon azaltımı ve ekonomik etkiler açısından karşılaştırılması, optimal fiyat yolunun belirlenmesi, fiyat şoklarının yönetilmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesi.

Bu alanlarda yapılacak çalışmalar, sistemin etkinliğinin artırılmasına ve sürdürülebilir dönüşümün hızlandırılmasına katkı sağlayacaktır.



KAYNAKÇA

Abdurrahim, G. (2023). Türkiye'de İklim Değişikliği Politikaları ve Sürdürülebilir Finans Uygulamalarının Önemi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik.

Acar, S., Aşıcı, A. A. ve Yeldan, A. E. (2022). Potential effects of the EU's carbon border adjustment mechanism on the Turkish economy. Springer.

Ada, S. (2022). Sürdürülebilir Finans Yaklaşımı Çerçevesinde Yeşil Bankacılık ve Yeşil Finansman Araçları (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi, Edirne.

Bai, X. (2022). Exploring the sustainable development path of a green financial system in the context of carbon neutrality and carbon peaking: Evidence from China. Sustainability, 14(23), 15710. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/23/15710>

Baştürk, M. F. (2024). Does green finance reduce carbon emissions? Global evidence based on system generalized method of moments. Sustainability, 16(18), 8210. <https://doi.org/10.3390/su16188210>

Bayram, O., Talay, I., & Feridun, M. (2022). Can FinTech promote sustainable finance? Policy lessons from the case of Turkey. Sustainability, 14(19), 12414. <https://doi.org/10.3390/su141912414>

Demirci, U., & Öztürk, A. (2015). Carbon markets as a financial instrument in the forestry sector in Turkey. International Forestry Review, 17(2), 167–177.

Yeldan, E., A. (2025). Role of finance in Türkiye's green transition: Investigating for opportunities under current trends and path dependence. UNCTAD. https://unctad.org/system/files/information-document/unda2030d12-turkiye-role-of-finance_en.pdf adresinden alındı.

European Commission (2019). The European Green Deal. <https://ec.europa.eu> adresinden alındı.

International Finance Corporation (2020). Social Bonds: Financing a Sustainable Future. <https://www.ifc.org> adresinden alındı.

Kendirli, S., Çitak, F., & Şahiner, B. B. (2024). Bibliometric analysis of studies on "green finance" based on Web of Science database. Third Sector Social Economic Review.

Kuzucu, N. (2015). Corporate Dividend Payout Policy: Empirical Evidence from Borsa Istanbul and a Survey of Managerial Perspective (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.

Lehner, O. M. (2016). Routledge handbook of social and sustainable finance. Routledge.

Meo, M. S., & Abd Karim, M. Z. (2022). The role of green finance in reducing CO₂ emissions: An empirical analysis. Borsa Istanbul Review, 22(1), 169–178. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2021.10.004>



Özbek, A. (2024). Sustainability and green finance: Banking system in Turkey. Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3688936>

Resources for the Future (2023). World Carbon Pricing Database. <https://www.rff.org> adresinden alındı.

Şimşek, O. ve Tunalı, H. (2022). Yeşil finansman uygulamalarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki rolü: Türkiye projeksiyonu. Ekonomi ve Finansal Araştırmalar Dergisi, 4(1), 16-45.

TÜİK (2023). Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2022. <https://data.tuik.gov.tr/> adresinden alındı.

World Bank (2021). State and Trends of Carbon Pricing. <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org> adresinden alındı.

World Bank (2022). World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org> adresinden alındı.

World Bank (2023). State and Trends of Carbon Pricing Dashboard. <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org> adresinden alındı.

Radulescu, M., Yazıcı, A. M., Toy, A., Öztırak, M., & Doğan, M. (2025). The impact of financial institution quality and financial stability on trade-adjusted carbon emissions: The moderating role of green innovation. Sustainability, 17(7), 3073. <https://doi.org/10.3390/su17073073>

Zengin, B. (2020). Kamu Yatırım Kararlarının Finansal Açıdan Değerlendirilmesi ve Türkiye İçin Bir Model Önerisi (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Ankara.